

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
STROJNÍ FAKULTA

VYUŽITÍ BEZPILOTNÍCH LÉTAJÍCÍCH PROSTŘEDKŮ
PRO TELEMETRICKÉ ÚČELY –
TELEMETRICKÝ SYSTÉM

UAV UTILIZATION FOR TELEMETRY –
TELEMETRY SYSTEM

STUDENT: Bc. David Schwarz

VEDOUCÍ: Ing. František Martinec, CSc.

21. 5. 2010

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. David Schwarz**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T003 Dopravní technika a technologie
Specializace: 40 Letecká doprava
Téma: **Využití bezpilotních létajících prostředků pro telemetrické účely -
telemetrický systém
UAV Utilization for Telemetry - Telemetry System**

Zásady pro vypracování:

1. Historie a trendy rozvoje bezpilotních létajících prostředků
2. Historie a trendy rozvoje vybavení bezpilotních létajících prostředků telemetrickým vybavením
3. Legislativní podmínky pro stavbu vybavení a využití telemetrických zařízení na bezpilotních létajících prostředcích
4. Návrh telemetrického kanálu pro využití na létajícím prostředku

Seznam doporučené odborné literatury:

Blažek, J.: Úvod do problematiky technických systémů automatického řízení a regulace, Košice 1983
Volner, R.: Digitální technologie – Elektronické přístrojové systémy, VŠB-TUO, 2007
Mezinárodní konference - Aplikácie, koncepcie a technologie bezpilotných prostriedkov, Košice: LF TU Košice, 2003.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

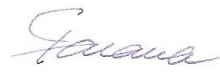
Vedoucí diplomové práce: **Ing. František Martinec, CSc.**

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010



doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení

Prohlašuji, že předložená práce je mým původním dílem, které jsem vypracoval samostatně. Veškerou literaturu a další zdroje, z nichž jsem při zpracování čerpal, v práci řádně cituji a jsou uvedeny v seznamu použité literatury.



.....

V Ostravě dne 21. května 2010

Bc. David Schwarz

Prohlašuji, že

- celou diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu,
- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo,
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou (práci užít (§ 35 odst. 3),
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO,
- rovněž souhlasím s tím, že kompletní text diplomové práce bude publikován v materiálech zajišťujících propagaci VŠB-TUO, vč. příloh časopisů, sborníků z konferencí, seminářů apod. Publikování textu práce bude provedeno v omezeném rozlišení, které bude vhodné pouze pro čtení a neumožní tedy případnou transformaci textu a dalších součástí práce do podoby potřebné pro jejich další elektronické zpracování.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 21. května 2010

.....

David Schwarz

Sedlnice 144

742 56

Poděkování

Velmi rád bych poděkoval panu Ing. Františku Martincovi, CSc. za vedení této diplomové práce a za jeho cenné rady a připomínky. Rovněž patří můj dík rodině za podporu při studiu a tvorbu potřebného zázemí. Děkuji také přítelkyni za její velkou trpělivost se mnou při práci na tomto tématu a její podporu.

Anotace diplomové práce

Bc. SCHWARZ D. Využití bezpilotních létajících prostředků pro telemetrické účely - telemetrický systém, Ostrava – Institut dopravy, Fakulta strojní, VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2010, vedoucí diplomové práce: Ing. František Martinec, CSc.

Obsah této diplomové práce pojednává o využití bezpilotních prostředků pro telemetrické účely a o bezpilotních prostředcích samotných, jež v současné době zaujímají významné postavení na poli moderních leteckých technologií. Úvodní kapitola poskytuje stručný přehled historického vývoje bezpilotních zařízení, seznamuje čtenáře s možnostmi jejich využití, porovnává veškeré výhody a nevýhody a nastiňuje možnou budoucnost takovýchto prostředků. V následujících kapitolách je probráno přístrojové vybavení a dále legislativní zabezpečení a podmínky pro manipulaci s bezpilotními systémy. Poslední kapitola této práce je zaměřena na vypracování vlastního projektu, jehož cílem je návrh telemetrického kanálu pro využití na bezpilotním prostředku a následně také jeho realizace.

Klíčová slova: bezpilotní prostředky, telemetrický systém, avionika a vybavení UAV, přenos dat

Annotation of thesis

Bc. SCHWARZ D. UAV Utilization for Telemetry – Telemetry System, Ostrava – Institute of transport, Faculty of mechanical engineering, VSB – Technical university of Ostrava, 2010, thesis head: Ing. František Martinec, CSc.

This master's thesis deals with utilization of Unmanned Aerial Vehicles for telemetry purposes. It also deals with unmanned aerial vehicles as such, representing an important part in a field of modern aviation engineering. The leading chapter provides a brief overview of the historical development of UAVs, introduces the reader to the utilization and application of UAVs compares all pros and cons and predicts a possible future perspectives of such technologies. Following chapters describe the instrumentation as well as the securing legislation and conditions of use of these unmanned technologies. Practical part of this master's thesis is focused on execution of the project, target of which is to design and construct an applicable telemetry channel for UAV

Keywords: unmanned aerial vehicles, telemetry, avionics and UAV equipment, data transfer

Obsah

Seznam použitých zkratk	10
ÚVOD	12
1 BEZPILOTNÍ PROSTŘEDKY	13
1.1 Historie.....	13
1.2 Dělení BZP	17
1.3 Zástupci bezpilotních prostředků.....	19
1.4 BZP vyrobeny v ČR.....	25
1.5 Využití BZP	30
1.5.1 Civilní využití.....	30
1.5.2 Vojenské využití.....	32
1.6 Shrnutí, výhody, nevýhody a budoucnost BZP	33
2 AVIONIKA BZP	38
2.1 Historie a trendy rozvoje vybavení BZP.....	38
2.2 Vybavení BZP.....	39
2.3 Přehled vybavení jednotlivých typů	42
3 LEGISLATIVNÍ PODMÍNKY	53
3.1 Doplněk X.....	54
3.2 Obecná pravidla pro bezpilotní systémy.....	56
3.3 Pravidla pro BZP provozované v dohledu pilota.....	57
3.4 Pravidla pro BZP provozované mimo dohled pilota	59
4 NÁVRH TELEMETRICKÉHO KANÁLU	61
4.1 Navrhované projekty.....	61
4.2 Charakteristika vybraného projektu.....	61
4.2.1 Výběr fotoaparátu	62
4.2.2 Potřeby pro přenos obrazu v reálném čase	63
4.3 Popis ostatních navrhovaných projektů	70

4.3.1	Desková kamera	70
4.3.2	Pro Wireless Telemetry System – Telemetrický systém Pro	71
5	ZÁVĚR	78
	Seznam použitých zdrojů	79
	Seznam obrázků	82
	Seznam tabulek	83
	Seznam příloh.....	84

Seznam použitých zkratk

Zkratka	Anglický výraz	Český výraz
A/V	Audio/Video	Audio/Video
AC	Alternating current	Střídavý proud
AIC	Aeronautical Information Circular	Letecký informační oběžník
BZP		Bezpilotní prostředek
CCD	Charged Coupled Device	
CDL	Common Data Link	Datalink
CIA	Central Intelligence Agency	
CR	Close Range	Velmi krátký dolet
CTR	Control Zone	Řízený okresek
DGPS	Differential Global Positioning System	Diferenciální GPS
ELINT	Electronic Intelligence	
ENR	En-route	
EU	European Union	Evropská Unie
GMTI	Ground Moving Target Indication	Indikace pozemních pohyblivých cílů
GPS	Global Positioning System	Globální polohový systém
HALE	High-Altitude Long-Endurance	
HD	High Definition	Vysoké rozlišení
LADP	Long-Altitude Deep Penetration	
LALE	Long-Altitude Long Endurance	
LLLTV	Low Light Level Television	
LSCAD	Lightweight Stand-off Chemical Agent Detector	
MALE	Medium-Altitude Long Endurance	
MAV	Micro Aerial Vehicle	
MMC	MultiMediaCard	
MPO		Ministerstvo průmyslu a obchodu
MP-RTIP	Multi-Platform Radar Technology Insertion Program	

MR	Medium Range	
MRE	Medium Range Endurance	
MTI	Moving Target Indication	Indikace pohyblivých cílů
MTOW	Maximum Take-Off Weight	Maximální vzletová hmotnost
NATO	North Atlantic Treaty Organization	
NAVSTAR	Navigation Signal Timing and Ranging Global Positioning System	
NTSC	National Television System(s)Committee	
OPV	Optionally Piloted Vehicle	
OSD	On-Screen Display	
PAL	Phase Alternating Line	
PCI	Peripheral Component Interconnect	Počítačová sběrnice pro připojení periferií
PLŘS		Protiletcká řízená střela
RC	Radio Controlled	Rádiem řízené
RCA	Radio Company of America	RCA konektor
Rx	Receiver	Přijímač
SAR	Synthetic Aperture Radar	Radar se syntetizovanou aperturou
SDHC	Secure Digital High Capacity	
SIGINT	Signals Intelligence	
SR	Short Range	
TESAR	Tactical Endurance Synthetic Aperture Radar	
Tx	Transmitter	Vysílač
UAV	Unmanned Aerial Vehicles	Bezpilotní prostředky
UCAV	Unmanned Combat Aerial Vehicles	Bezpilotní bojové prostředky
ÚCL		Ústav civilního letectví
UHF	Ultra High Frequency	Ultra krátké vlny
USB	Universal Serial Bus	Univerzální sériová sběrnice
VHF	Very High Frequency	Velmi krátké vlny
VN		Vysoké napětí

ÚVOD

Bezpilotní prostředky patří bezesporu k nejmodernějším výtvarným oborům letectví, avšak jejich cesta ke „slávě“ nebyla zdaleka tak jednoduchá, jak by se na první pohled mohlo zdát. Ačkoli první zmínky o pokusech sestavit zařízení, které by létalo bez nutnosti fyzického kontaktu s pilotem a případně bylo schopno plnit jednoduché funkce, sahají až do 2. poloviny 19. století, o bezpilotních prostředcích v dnešním slova smyslu nemohla být ani řeč. Počátek jejich skutečného vzniku tak můžeme posunout téměř o 100 dále, přičemž k největšímu rozvoji těchto technologií došlo v posledních 10 letech. Dnes patří bezpilotní systémy k tomu nejlepšímu, co může letectví nabídnout a v některých oblastech je jejich role jen stěží zastupitelná.

Cíl práce

Cílem této práce je přiblížit čtenářům především samotnou tematiku – tedy bezpilotní prostředky, proto se v prvních kapitolách věnuji jejich historii, dělení, využití, výhodám a nevýhodám a v neposlední řadě také směru, kterým se mohou do budoucna ubírat. V následujících kapitolách se věnuji avionice – popisu přístrojového vybavení a dále problematice legislativních podmínek, které upravují používání a zacházení s bezpilotními prostředky.

Závěrečnou část mé diplomové práce tvoří vlastní projekt, jehož podstatou je návrh telemetrického kanálu pro BZP a jeho realizace z dostupných finančních zdrojů. Protože limit poskytnutých financí činil 12 500,- Kč, bylo nutné vybrat takový projekt, který by tomuto požadavku vyhovoval. Zbývající projekty zmiňuji ve své práci alespoň teoreticky, přičemž u každého z nich uvádím náklady na možnou realizaci. Veškeré poznatky jsou shrnuty v závěru této práce.

1 BEZPILOTNÍ PROSTŘEDKY

Bezpilotní prostředky prošly v uplynulých letech pozoruhodným rozvojem a z jakési kuriozity se stala vysoce ceněná kategorie techniky. Vývoj těchto strojů je charakteristický tím, jak se postupem času rozšiřoval rozsah úkolů, počet typů a počet zemí schopných takovouto techniku konstruovat. Nyní už jsou pokročilá bezpilotní letadla standardní součástí nabídky leteckých firem vyspělých zemí a jednodušší typy se objevují i ve státech, kde bychom je příliš nečekali.

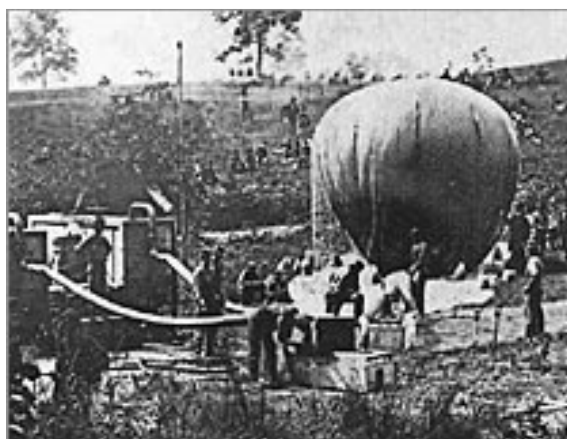
Co si lze tedy pod pojmem bezpilotní prostředek představit? Oficiálním anglickým termínem je známá zkratka UAV – Unmanned Aerial Vehicles. V češtině se někdy užívá ekvivalentní zkratka BZP, bezpilotní prostředky, ale i v odborných textech se stále vyskytuje slangový pojem „drones“. Definice bezpilotního prostředku však není tak jednoduchá, jak by se mohlo zdát. Je jasné, že jde o létající stroj s vlastním pohonem, který je vybaven moderní elektronikou a prvky umělé inteligence. Zároveň se na jeho palubě nenachází lidská posádka a může být interaktivně řízen operátorem ze země, stejně jako automaticky létat po předem naprogramované trase s řadou otočných bodů. Sporným bodem zůstává opakovaná použitelnost. Terčové bezpilotní prostředky i mnohé bezpilotní bojové letouny jsou použitelné jen jednou, protože součástí jejich funkce je vlastní zničení. Vzniká tedy otázka, zda střely s plochou dráhou letu nejsou také bezpilotními prostředky. Většina definic proto trvá na tom, že lidská obsluha musí mít možnost ovlivňovat nebo převzít řízení. [27]

1.1 Historie

Jak již bylo zmíněno výše, prošly bezpilotní letecké prostředky v několika málo předešlých letech nebývalým rozvojem a zaznamenaly tak raketový vzestup na poli moderních leteckých technologií. Avšak stejně jako u mnoha jiných, dnes již technicky vyspělých zařízení užívaných v letectví, ani jejich počátky nebyly jednoduché a první počiny vynálezců z dob minulých byly přinejmenším rozporuplné. Předchůdci bezpilotních prostředků v moderním slova smyslu byli spíše jakýmsi pokusy o přelstění fyzikálních zákonů a první krůčky byly bezesporu nejisté. V následujících několika odstavcích je shrnuta historie vývoje bezpilotních leteckých prostředků od prvotních počínů po současnost.

Perley's Aerial Bomber (USA)

V únoru roku 1863, dva roky po začátku občanské války, si vynálezce Charles Perley z New Yorku nechal patentovat bezpilotní bombardér. Perley navrhl horkovzdušný balón, který nesl koš naložený výbušninami s časovým mechanismem. Vynálezce doporučoval nejprve vypustit testovací balónek pro zjištění aktuálního směru a rychlosti větru, aby se mohl správně nastavit časovací mechanismus. I přes tuto radu se ukázalo, že je balón nepřesný a mnohdy příliš nebezpečný, proto tento vynález dosáhl pouze částečného úspěchu. [9]



Obr. 1.1 Perleyho balón

Eddy's Surveillance Kite (USA)

Angličan, Douglas Archibald, který experimentoval s draky a rychlostí větru, pořídil první úspěšný letecký snímek v roce 1883. Tyto fotografie byly široce publikovány a samotný drak byl dále upravován i pro vojenské účely. Během španělsko - americké války, desátník William Eddy z Colorada vyfotil stovky fotografií pomocí tohoto draka, čímž získali důležité informace o pozici jejich protivníků.

Kettering Aerial Torpedo (USA)

Vyroben ze dřeva a plátna za 400 dolarů. To byl malý dvouplošník „Kettering Bug“, který navrhl Charles F. Kettering a jenž byl schopen nést bomby o stejné hmotnosti jako letadlo samotné, a to 300 liber. Stroj byl díky svému podvozku uzpůsoben ke startu z kolejí. Po vzletu se oddělily křídla a poté se trup pohyboval vertikálně směrem k předem určenému cíli. Americká armáda v průběhu první světové války objednala velké množství „Bugů“, ale když válka skončila, objednávky byly zrušeny. [9]



Obr. 1.2 Kettering Bug

První dálkově řízené letouny se objevily už po první světové válce v USA a Velké Británii. Tehdejší úroveň techniky ale neumožňovala jejich použití pro průzkum, takže se jednalo vesměs o terče pro nácvik protiletadlové palby nebo o jakési dálkově řízené „létající bomby“. Je například známo, že britské letectvo používalo dálkově řízenou verzi legendárního dvouplošníku Tiger Moth nazvanou Queen Bee, který mohl létat ve výšce 17 000 stop, do vzdálenosti 300 mil a rychlostí přes 100 mil za hodinu. Do roku 1947 bylo celkem 380 těchto „včel“ použito pro nácvik střelby vojenského letectva britských ozbrojených sil. [27]

Američané zase nakoupili malé letounky Radioplane OQ-2, kus za 600 dolarů, které silně připomínaly dnešní letecké modely. Letectvo a námořnictvo americké armády, použilo přes tisíc těchto modelů pro výcvik celé generace protiletadlových dělostřelců.



Obr. 1.3 Radioplane OQ-2

Širší uplatnění bezpilotní stroje našly za druhé světové války, kdy byly využívány hlavně k výcvikovým účelům. Po skončení druhé světové války jejich vývoj ještě zesílil. Avšak bezpilotní letoun v moderním slova smyslu se však objevil až během války ve Vietnamu v šedesátých a sedmdesátých letech. Americké letectvo hojně používalo terčový letoun Ryan Q-2 Firebee poháněný malým proudovým motorem. Společnost Ryan jej poté modifikovala do podoby průzkumného stroje, který měl firemní označení Model 147 a vojenské zařazení BQM-34 (pro verze startující ze země) či AQM-34 (pro verze odpalované zpod křídel letadel). Staly se ovšem známými zejména pod názvy Fire Fly nebo Lightning Bug a od roku 1964 byly vysílány nad Vietnam a mimořádně se osvědčily. Vzniklo přes dvacet různých variant určených pro různé výšky a nesoucích rozmanité vybavení, kromě denních a nočních fotoaparátů to bylo rovněž vybavení ELINT/SIGINT, neboli vrhače letáků. Celkem bylo zhotoveno přes 1000 letounů, které uskutečnily nejméně 3435 operačních letů. [9,27]

Dnes už se málo ví, že americké námořnictvo provádělo zkoušky verze BGM-34 tohoto modelu, která mohla nést řízené i neřízené střely. Výsledky testů byly dobré, ale narazily na názory vysokých důstojníků, kteří v bezpilotních letounech viděli nežádoucí konkurenci pro pilotované stroje. Projekt byl proto zastaven, ačkoli faktem zůstává, že opakovaně použitelný bezpilotní bojový letoun existoval třicet let před dnes tolik populárním Predátorem.



Obr. 1.4 Ryan BQM-34

V té době už se do vývoje bezpilotních prostředků zapojil také Sovětský svaz. Většina dostupných zdrojů se shoduje, že prvním moderním typem byl dálkově řízený terč Lavočkin La-17, jež se dostal do výzbroje koncem 50. let. Později vznikla i průzkumná obměna La-17R. Hlavní slovo však měla kancelář Tupolev, jež počátkem 60. let vyvinula nadzvukový Tu-123 Jastreb. Z něj pak vzešla celá řada příbuzných typů, například Tu-143 Rejs, který byl i součástí výzbroje bývalého Československa. Nejnovější generaci představuje Tu-300 Koršun, který je schopen nést i zbraně.

K dalšímu rozkvětu dochází v 80. a 90. letech, kdy bylo již možné potřebné technologie dostatečně zmenšit, navíc vypukla i éra počítačů. I proto se tehdy bezpilotní prostředky dostaly do skutečného centra zájmu amerických ozbrojených sil a CIA. V 90. letech nasadili Američané UAV při konfliktech na Balkáně, jednalo se přitom o typ Predator, který byl určen nejen k průzkumu, ale mohl vystřelit i dvě střely. Později byl nasazen i během bojů v Iráku a Afghánistánu. [27,6]

Ve vývoji bezpilotních letadel pokračují USA i další státy i v současnosti. Skutečnou supervelmocí v oblasti bezpilotních letadel se stal Izrael. Dá se říci, že právě jeho ozbrojené síly přijaly jako první tuto kategorii letadel za standardní součást své výbavy. Izraelské bezpilotní prostředky se dočkaly mohutného nasazení při operacích v Libanonu v roce 1982. Průzkumné stroje Mazlat Mastiff a Scout získaly údaje o pozicích syrské protiletadlové obrany. Izraelci dosáhli vůdčího postavení hlavně v kategorii taktických bezpilotních letounů pro nasazení přímo na bojišti. Nejvíce o tom svědčí fakt, že americké ozbrojené síly se obrátily právě na Izrael, aby získaly prostředky tohoto druhu.

1.2 Dělení BZP

Leckdo si pod pojmem bezpilotní prostředek představí lehké letadélko velké několik metrů, startující z rampy na automobilu. Poslední roky a měsíce jsou reálným důkazem toho, jak rozvoj technologií nejen v oblasti aerodynamiky, ale i mikroelektroniky, optiky a navigace otevřel cestu bezpilotním prostředkům o velikosti řádově desítek metrů létajících ve stratosféře, až po neuvěřitelně malé objekty o velikosti centimetrů. Využívá se koncepcí od letadel lehčích vzduchu, přes vrtulníky až po klasické plošníky. Tím se zároveň dostáváme k dělení bezpilotních prostředků, jež je možné klasifikovat několika způsoby.

Dle jejich účelu:

- prostředky pro průzkum, pozorování a sledování,
- terčové letouny pro nácvik ostré střelby (target drones) a návnady pro zmatení nepřátelské protivzdušné obrany (decoy drones),
- bezpilotní bojové prostředky – UCAV (Unmanned Combat Aerial Vehicles),
 - opakovaně použitelné
 - jednorázové či sebevražedné (Suicidal UCAV)
- stroje pro elektronický boj,
- pro jiné účely, zejména v oblasti logistiky. [27]

Dle rozměrů a vytrvalosti:

	Kategorie	Dolet [km]	Dostup [m]	Výdrž [h]	Hmotnost [kg]
μ	Mikro	< 10	250	1	< 5
Mini	Mini	< 10	150 – 300	< 2	< 30
CR	Close Range	10 – 30	3000	2 – 4	25 – 150
SR	Short Range	30 – 70	3000	3 – 6	50 – 250
MR	Medium Range	70 – 200	5000	6 – 10	150 – 500
MRE	MR Endurance	> 500	8000	10 – 18	500 – 1500
LADP	Low Alt. Deep Penetration	> 250	50 - 9000	0,5 – 1	250 – 2500
LALE	Low Alt. Long Endurance	> 500	3000	> 24	15 – 25
MALE	Medium Alt. Long Endur.	500 – 750	5000 – 8000	24 – 48	1500
HALE	High Alt. Long Endurance	> 250	20 000	24 – 48	2500 – 5000
UCAV	Unmanned Combat Aerial Vehicle	400	< 20 000	2	10 000

Tab. 1.1 Rozdělení BZP [25]

Další dělení, se kterým se lze setkat, je **podle způsobu vzniku**. Bezpilotní prostředky jsou nejčastěji konstruovány jako nové, ale existují i typy vzniklé konverzí pilotovaných letadel, známé jako dočasné UAV (Interim UAV).

Opravdu speciální kategorii tvoří letadla principu OPV (Optionally Piloted Vehicle), která mohou létat s lidskou posádkou nebo bez ní. Takovým strojům je předpovídána zajímavá budoucnost. [27]

1.3 Zástupci bezpilotních prostředků

MAV – Micro Aerial Vehicles (Mikroprostředky)

Jejich rozměry nesmí překročit 15 cm. Dokážou se nepozorovaně dostat oknem, dveřmi nebo větrákem i do těch nejtajnějších objektů, střežených a rizikových oblastí, nasnímat důležitá data a tyto informace rádiem poslat na kilometry vzdálená místa. Typickým zástupcem je Black Widow od společnosti DARPA nebo DelFly Micro.



Obr. 1.5 Black Widow



Obr. 1.6 DelFly Micro Dragonfly

Miniprostředky - RQ-11 Raven

Bezpilotní letoun, jehož hlavním cílem je zabezpečit rychlý optoelektronický vzdušný průzkum. Je dostatečně malý, aby se dal bez problémů vypouštět z ruky. Je používán také v Armádě České republiky, a to v počtu 6 kusů (2 systémy), které byly nakoupeny za 20 milionů korun. Raven může být dálkově řízen z pozemní stanice nebo může létat samostatně dle zadaných GPS souřadnic. Zpět ho lze přivolat stiskem jediného tlačítka. Model letadla přistává pomocí autopilota a pohon mu zajišťuje elektromotor.

V armádě je využíván k průzkumu, vyhledávání a označování cílů, k čemuž využívá své 3 kamery umístěné v přední části trupu, poskytující barevný a infra video obraz. Je také schopen laserem označit pozemní cíle. [14]



Obr. 1.7 RQ-11 Raven

CR – Close Range (Velmi krátký dolet) – Luna X-2000

Německá firma EMT HmbH je výrobce jednoduchého bezpilotního prostředku LUNA X-2000, který je určen k průzkumu a pozorování oblastí na krátké vzdálenosti. Letoun je klasického uspořádání s trupem z laminátu, poháněn je spalovacím motorem s tlačnou vrtulí, který je instalován v horní části. Zajímavostí u toho prostředku je, že pro maximální utajení letu nad nebezpečným prostorem vypíná hnací motor a pozorování provádí během klouzavého letu. Motor může být opětovně nastartován dálkovým rádiovým povelům operátora. Hmotnost prázdného prostředku je 20 kg, vzletová hmotnost 30 kg a užitečné zatížení 3 kg. [18]

SR – Short Range (Krátký dolet) – SOJKA III

Typickým příkladem letounu, který patří do této skupiny, je český bezpilotní prostředek SOJKA III. Vzhledem k tomu, že letoun byl vyroben v České republice a používá jej také Armáda České republiky, věnuji se jeho podrobnějšímu popisu v podkapitole „BZP vyrobeny v ČR“.

MR – Medium Range (Střední dolet) – Hunter RQ-5A

Do této skupiny lze zařadit americko-izraelský typ Hunter RQ-5A, jež vznikl spoluprací firem IAI a Northrop Grumman. Letoun je obvykle používán k zobrazování dat v reálném čase, monitorování a sledování terénů a objektů a zaměřování cílů. Kromě těchto činností může nést také zbraně. Nová výkonnější verze MQ-5B Hunter vydrží ve

vzduchu po dobu delší než 21 hodin, což je o 10 hodin déle, než základní verze RQ-5A Hunter. Tato verze letounu patří již do skupiny MRE – Medium Range Endurance (Střední dolet, větší vytrvalost). Celková hmotnost tohoto prostředku byla zvýšena na 1000 kg a je schopen nést podstatně těžší užitečné zatížení, 227 kg. Pro dosažení delší vytrvalosti letu byl zvýšen také objem středních křídlových palivových nádrží a současně snížena měrná spotřeba paliva hnacího motoru. [12]

LADP – Long-Altitude Deep-Penetration (Hloubkový průzkum) – Nibbio

Systém NIBBIO byl vyvinut v reakci na potřebu hloubkového a rychlého průzkumu zaměřeného na vysoce lokalizované a chráněné cíle vysokého významu. Tento systém je přímo odvozen z úspěšného předchůdce, modelu Mirach 100/5, vysoce výkonného řízeného bezpilotního letadla působícího ve službách několika zemí NATO. Toto velmi tiché zařízení může startovat ze země, lodí nebo letadel, přičemž jeho hlavní úlohou je rychlé přiblížení k cíli, zaměření cíle pomocí vestavěných multispektrálních senzorů a vyslání dat. [16]



Obr. 1.8 Nibbio

LALE – Long-Altitude Long-Endurance (Dlouhý dosah, dlouhá výdrž) – ScanEagle

Bezpilotní prostředek ScanEagle firem Boeing Phantom Works a Insitu Group s dlouhou vytrvalostí letu (až 24 hodin) o délce 120 cm, rozpětí křídel 3 m, má celkovou hmotnost 16 kg. Je zkonstruován tak, aby byl schopen dosáhnout jak operační výšky až 4800 metrů pro získání globálního přehledu z rozsáhlého prostoru, tak působit v přízemní výšce pro získání detailních snímků relativně malých objektů s vysokou rozlišovací schopností. Prostředek je vybaven videokamerami s vysokou rozlišovací schopností pro denní i noční snímání, vysokorychlostním zařízením pro záznam získaných obrazových

informací a systémem pro přenos dat v reálném čase. Startuje ze speciálního katapultu a přistává do záchytného zařízení. Jeden ScanEagle přijde na 100 000 dolarů. [13]



Obr. 1.9 ScanEagle

MALE – Medium-Altitude Long-Endurance (Střední výška; dlouhá vytrvalost) – RQ-1A Predator

Společnost General Atomics se rozhodla investovat také do vývoje prostředků se středním dostupem a dlouhou výdrží. Jejich vývojová řada začala už na konci 80. let strojem Amber, pokračovala letounem Gnat-750 a vyvrcholila povedeným letounem RQ-1 Predator. Vývoj Predatora byl úspěšně dokončen v roce 1994. Původní označení RQ-1A bylo využíváno výhradně pro průzkumné účely. V roce 2005 vznikla jeho modifikovaná ozbrojená verze, MQ-1, vyzbrojená dvěma řízenými střelami.

Americké ministerstvo obrany používá pro označení typu letounu tyto kódy:

- R – průzkum
- Q – bezpilotní letoun
- M – víceúčelový

Pro pohon používá čtyřválcový motor Rotax 914, který pohání vrtule v tlačném uspořádání. První bojové nasazení Predatorů bylo v roce 1995 během války v Jugoslávii. Tímto typem UAV disponují nejen Spojené státy americké, ale také Velká Británie, Turecko a Itálie. [26] MQ-1 Predator není jen letadlo, ale celý systém. Plně operační systém zahrnuje čtyři letouny, pozemní řídicí základnu, primární satelitní komunikační sadu a 55 osob. Cena za jeden kus je 3,2 miliónů dolarů.

Přestože byl Predator vyzbrojen dvěma řízenými střelami, nelze přehlédnout, že jeho charakteristiky ho předurčují pro vytrvalostní průzkum, proto z něj byl odvozen letoun MQ-9 Reaper, který je primárně určen pro útočné operace.

V roce 2009 byl představen nový model MQ-1C Warrior, což je v podstatě upgrade původního modelu Predator, s větší maximální rychlostí a větší maximální letovou hmotností, tedy i větší kapacitou výzbroje. Tento stroj také disponuje lepšími výkony ve velkých výškách. Toho bylo dosaženo díky většímu rozpětí křídel a výkonnějšímu 100 kW motoru (původní Predator měl motor o výkonu 86 kW). [26]

HALE – High-Altitude Long-Endurance (Velká výška; dlouhá vytrvalost) – GlobalHawk

Největším zástupcem této podskupiny je letoun Global Hawk, který běžně operuje ve výškách nad 19 000 metrů a dokáže v této výšce setrvat přes 32 hodin. Letoun je poháněn proudovým motorem Rolls-Royce AE-3007 uloženým na horní části trupu před ocasními plochami. Křídlo, které je vyrobeno z kompozitních materiálů je velice štíhlé a při délce 35 metrů má plochu 50 m². V křídlech jsou umístěné palivové nádrže o kapacitě 4 200 kilogramů paliva. Ocasní plochy jsou tvořeny pouze dvojicí svislých ocasních ploch tvaru V svírajících úhel 50°. [29]



Obr. 1.10 EuroHawk

Všechna ovládání řídicích ploch jsou kvůli bezpečnosti zdvojená. Trup je vyroben z hliníkových slitin, v rozměrné přídi je umístěno veškeré. Ve střední části trupu se nachází kořeny křídel a rozměrná palivová nádrž pro až 1 800 kilogramů paliva. Nepoužívá se však

jenom pro vojenské účely, ale i pro environmentální výzkum či pro ochranu hranic. Není tedy divu, že o pořízení těchto UAV začala uvažovat Jižní Korea, Kanada či Austrálie. Podobný zájem vyjádřilo i Německo, které už tyto stroje objednalo a to v počtu 5 kusů. Jedinou změnou je vlastní elektronika evropské výroby, letouny ponesou název EuroHawk.

Global Hawk je sice poměrně drahý, cena jednoho kusu se pohybuje okolo 50 miliónů dolarů, ale svými funkcemi dokáže plně nahradit průzkumné družice, které je velmi drahé dostat na oběžnou dráhu.

UCAV – Unmanned Combat Aerial Vehicle (Bezpilotní bojový prostředek) – Baracuda

Další evropský letoun je Barracuda, který patří do této skupiny. Tento stroj představilo evropské průmyslové konsorcium EADS v roce 2006, konkrétně Německo a Španělsko. S délkou osmi metrů, rozpětím sedmi metrů a hmotností tři tuny je o něco menší než stíhačka s posádkou. Létá zcela samostatně, protože je vybaven radarem, který nepřetržitě porovnává zemský profil s daty uloženými ve speciální mapě. I přesto byl první zkušební let ze Španělska do Německa zajišťován z jihošpanělské vojenské letecké základny San Javier. Trup a nosné plochy letadla byly vyrobeny ve Španělsku a pro snížení hmotnosti jsou vyrobeny z uhlíkových vláken. Křídla jsou vyměnitelná. Pro lety ve velkých výškách se používají dlouhá křídla a naopak, při vysokých rychlostech se používají kratší nosné plochy, čímž se šetří pohonné hmoty. Barracuda disponuje novinkou v letecké dopravě, a to elektrickými brzdami, jež jsou lehčí, díky karbonovému obložení tepelně odolnější a spolu s vybavením ABS zvyšují bezpečnost letadla. [20]



Obr. 1.11 Barracuda

1.4 BZP vyrobeny v ČR

Konstrukce bezpilotních letadel patří k nejmodernějším trendům letectví. Také v České republice se objevila snaha se této činnosti věnovat. Bzepilotní letadla jsou využívána zatím především k vojenským účelům, ale nacházejí také široké uplatnění v civilním prostředí, i když jejich většímu využití zatím brání některé legislativní překážky. Po jejich vyřešení je však možné očekávat rozsáhlé nasazení bezpilotních prostředků i v civilním sektoru. Využití je možné například při sledování tras plynovodů, ropovodů nebo elektrického vedení, hlídání hranic a monitorování dopravního provozu na silnicích.

První takovýto bezpilotní prostředek, který je používán v armádě pro vzdušný optický průzkum optoelektronickými čidly (televizními kamerami, digitálními fotoaparáty, infra/termo kamerami), je český letoun Sojka III. Vyvíjel a vyráběl jej původně Vojenský technický ústav letectva a PVO Praha, dnes LOM Praha, s.p., odštěpný závod VTÚL a PVO. Bzepilotní komplet Sojka je vyřešen jako otevřený systém s možností jeho dalšího rozvoje a modernizace. Po technické stránce je tento tuzemský výrobek plně kompatibilní s výrobky renomovaných výrobců jako je například společnost SAGEM z Francie nebo METEOR z Itálie. Výzkum a vývoj taktického bezpilotního kompletu byl zahájen roku 1981. V České armádě je zaveden do provozu od roku 1998.

Systém BZP Sojka III se skládá z:

- bezpilotního létajícího prostředku (3 až 4 kusy),
- Pozemního řídicího stanoviště (PŘS),
- raketového Startovacího zařízení (SZ),
- Převravního kontejneru (PK),
- Dohledávacího vozidla (DV).



Obr. 1.12 Pozemní řídicí stanoviště



Obr. 1.13 Startovací zařízení

Hlavní části BZP Sojka III jsou následující:

- a) letoun
- b) palubní řídicí systém
- c) radiový komunikační systém
- d) palubní uživatelské vybavení

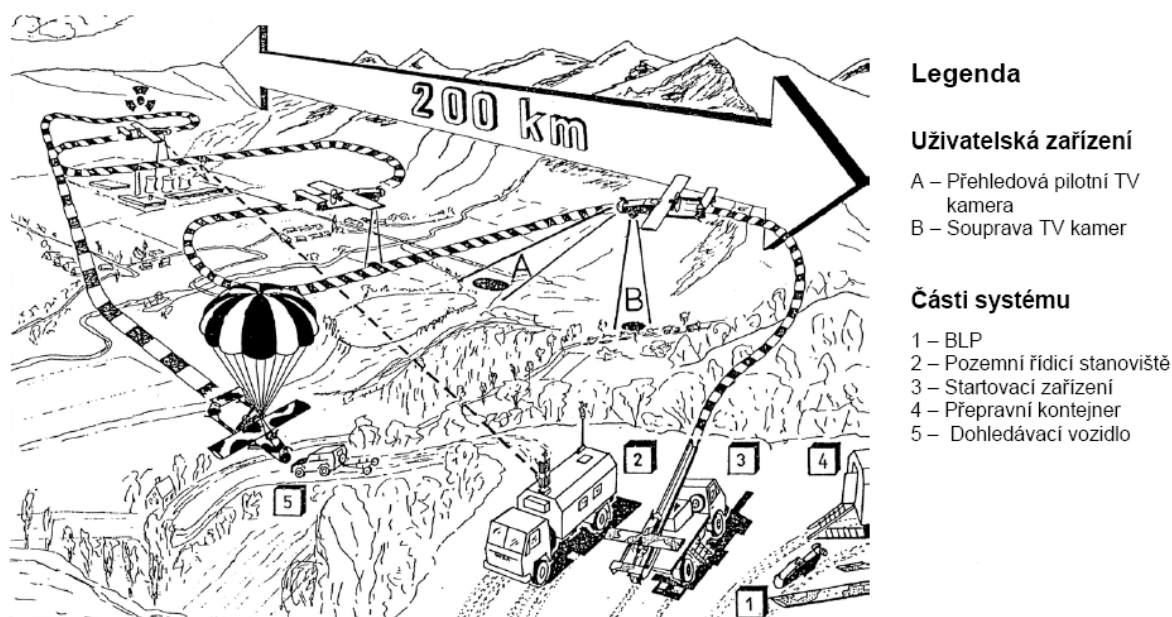
K základním technickým prostředkům průzkumného vybavení bezpilotního prostředku SOJKA III patří širokoúhlá fotografická letecká kamera A-39 pro snímkování z výšek asi 600 metrů, televizní kamera pro šikmé snímkování z prostoru vzdáleného do 60 km a radiový přenosový systém, který umožňuje příjem řídicích signálů na palubě a odeslání telemetrických dat o poloze letounu a jeho letových parametrech na zem do řídicího stanoviště. Zde je let také řízen, pomocí dvou operátorů - jeden řídí let bezpilotního prostředku, druhý zabezpečuje příjem a zpracování průzkumné informace v reálném čase, které posílá veliteli. Ten má na starosti komunikaci mezi řídicím stanovištěm a nadřízeným velením, pro které plní úkol. Součástí střediska je řídicí počítač pro záznam a zobrazování parametrů letu, vyhodnocování dat od terminálu družicového navigačního systému NAVSTAR/GPS a zpracování snímaného obrazu. [22]



Obr. 1.14 Start Sojka III

Pracuje ve dne i v noci do vzdálenosti až 200 km od místa vzletu v rozmezí výšek letu 200 až 4000 m nad hladinou moře. Palubní avionika umožňuje řízení v poloautomatickém režimu letu, kdy je letoun stabilizován autopilotem, ale pilot může měnit jeho směr letu, výšku a rychlost, nebo v plně automatickém letu po předem naprogramované trase. Co se jeví jako výhoda, že se nemusí programovat návrat z posledního bodu trati, to si vyřeší palubní počítač sám ve své režii. Pokud by například během letu v poloautomatickém

režimu vypadlo radiové spojení, SOJKA III si sama vypočítá souřadnice řídicího stanoviště svým řídicím počítačem a vrátí se na souřadnice místa startu. Přistává na přistávací lyžový podvozek, který je součástí konstrukce trupu, zvláštní důraz je proto kladen na konstrukci nejen samotného podvozku. V případě úplného vyčerpání paliva, dokáže tento BZP přistát sám pomocí padáku.



Obr. 1.15 Mapa letu Sojky III

Hlavní letová data z BZP Sojka III (letová výška, rychlost, polohové úhly, kurs, otáčky motoru, rychlost stoupání nebo klesání apod.) jsou zobrazována na monitoru pozemního řídicího stanoviště a pozice je vykreslována na digitální mapě. [23]

Hlavní charakteristiky SOJKA III	
Taktický dolet	200 km
Rychlost letu při hlídkování	130 - 180 km/h
Vytrvalost letu	4 hod
Operační výška	50 - 4 000 m
Maximální vzletová hmotnost	145 kg
Užitečné zatížení	max. 20 kg / 75 l
Rozpětí křídel	4,12 m

Tab. 1.2 Charakteristiky SOJKA III

V rámci projektu Mamok, sponzorovaného MPO ČR a koordinovaného Vojenským technickým ústavem letectva a protivzdušné obrany (VTÚL&PVO), bylo hlavním cílem vyvinutí nového vojenského bezpilotního letounu Manta, coby následovníka úspěšné Sojky. Jedná se o modernizovanou verzi bezpilotního kompletu, který zabezpečuje při nižší celkové vzletové hmotnosti stejné užité parametry jako komplet Sojka III. Bepilotní letoun Manta je vybaven podvozkem příďového typu s možností startu z jedoucího vozidla nebo z tohoto podvozku. Doba letu je více než 3 hodiny s letovými parametry odpovídajícími výše uvedené Sojce. Manta při vzletové hmotnosti 62 kg unese uživatelské vybavení o hmotnosti 15 kg. Záznam dat na palubě je uskutečněn na vysokokapacitní SD kartu. [10]

BZP letoun Marabu

Snahu podpořit toto poměrně nové odvětví letectví v České republice se rozhodli také konstruktéři na VUT v Brně, kteří vyvíjejí bezpilotní letoun Marabu. Tento bezpilotní prostředek patří do kategorie OPV, který může být provozován s lidskou posádkou nebo bez ní. Myšlenka zkonstruovat experimentální letoun, který by posílil vývoj vybavení pro bezpilotní letouny i vývoj bezpilotních letounů jako takových, došla naplnění na Leteckém ústavu VUT Brno v roce 2006. Tehdy oslovilo průmyslové partnery a navrhlo jim nový koncept vývoje bezpilotních letounů založený na vytvoření experimentálního letounu a postupném přechodu z plně pilotní verze na verzi bezpilotní. Celkové náklady na první fázi projektu jsou 15 milionů korun, jejichž hlavní část škola získala z grantu od Ministerstva průmyslu a obchodu.



Obr. 1.16 Letoun Marabu

Základní návrh letounu předpokládá dvoučlennou posádku pro první fázi letových měření, s následným využitím jednoho místa pro přístroje a součásti autonomního řídicího systému při testech bezpilotní verze. Po celkovém odladění bezpilotní verze bude na konci projektu letoun připraven pro zástavbu užitečného zatížení na místo pilota. Letoun Marabu je navrhován jako lehký jednomotorový víceúčelový dolnoplošník smíšené konstrukce, kov a kompozitní materiály, s pohonem řadovým pístovým motorem v tlačném uspořádání a se zatahovacím podvozkem. Charakteristickým rysem by měl být velký rozsah rychlostí a velmi dobré vlastnosti z hlediska řiditelnosti a stability v jejich celém rozsahu.

Technické údaje	
Rozpětí [m]	11,04
Plocha křídla [m²]	13,14
Délka [m]	8
Maximální vzletová [kg]	750
Prázdná hmotnost [kg]	460
Maximální rychlost [km/h]	250
Pádová rychlost [km/h]	60
Dolet [km]	1200

Tab. 1.3 Technické údaje letounu Marabu

Náklady na vývoj a integraci prvků bezpilotního létání do letounu budou několikanásobně vyšší než vývoj samotného letadla. Pro bezpilotní provoz bude muset být k dispozici pozemní řídicí stanice, automatický pilot, speciální kamery, komunikační a další vybavení. Kontrolní systémy musí být u letadla bez pilota navíc zdvojené. Toto už však bude záležitostí dalších budoucích účastníků projektu – do úvahy připadá například nadnárodní společnost Honeywell, která má v Brně své vývojové centrum. [15,24]

VUT Brno plánovalo první zkušební let na přelom září a října 2009. Poslední zmínka v médiích byla z prosince loňského roku, kdy byly provedeny letové zkoušky.

1.5 Využití BZP

21. století bude nepochybně ve znamení bezpilotních prostředků. V posledních letech se objevují další a další nové a stále dokonalejší, technologicky propracované typy, jež nacházejí své využití především ve vojenských oblastech. V současnosti se však objevuje zcela nový trend, a to zkoumat, nakolik se dají tyto prostředky využívat v obydleném civilním prostoru. Ačkoliv zatím nelze vidět využití bezpilotního řízení jako reálnou aplikaci civilního letectví a pro řízení letadel, která nesou lidi, na druhou stranu zůstává faktem, že v mnoha jiných oblastech jsou bezpilotní prostředky obrovským přínosem. Příkladem může být velmi časté uplatnění bezpilotních letounů v záchranných misích, kde je třeba získávat informace velmi rychle, například o šířícím se požáru. Jako jiný příklad lze uvést úvahy vlády Spojených států amerických o využití UAV pro dohled nad oblastmi s vysokou kriminalitou.

1.5.1 Civilní využití

Jak již bylo zmíněno výše, lze bezpilotní prostředky využít nejen v oblasti vojenské, ale také civilní. Jejich největšími přednostmi jsou především nižší cena, větší dolet a vytrvalost letu, eliminace rizika nebezpečí posádky (zvláště u misí, v nichž hrozí reálné poškození zdraví či ztráta na životech), nižší náklady na výcvik a provoz a menší počet technického personálu zabezpečujícího jejich obsluhu.

V následujících tabulkách jsou uvedeny příklady využití bezpilotních prostředků v civilní sféře a dále jednotlivých misí, v nichž mohou být tyto prostředky nasazeny.

KATEGORIE	VYUŽITÍ BZP
Zemědělský průmysl	Postřik pesticidy a hnojivy
Zemědělský průmysl	Monitoring plodin
Životní prostředí	Sledování a sběr dat o počasí
Geologie	Průzkumy v těžko dostupných oblastech
Pobřežní stráž	Monitoring pobřeží
Zpravodajství	Rychlý přesun kamery
Letectví	Sledování leteckého provozu
Pozemní doprava	Monitoring dopravních sítí

Tab. 1.4 Kategorie využití BZP

MISE	PŘÍKLADY NAsAZENÍ
Nebezpečné mise	<p>Extrémní výška</p> <p>Radiační zamoření</p> <p>Jedovaté prostředí</p> <p>Nepříznivé povětrnostní podmínky</p>
Vědecké mise	<p>Sběr atmosférických dat</p> <p>Předpovídání počasí</p> <p>Monitorování kvality ovzduší</p> <p>Podmínky prostředí</p> <p>Sběr oceánografických dat</p> <p>Výstraha vzdušných turbulencí</p> <p>Studium sopečné aktivity</p> <p>Výzkum hurikánů</p> <p>Geologický průzkum</p>
Komerční mise	<p>Pozorování hranic</p> <p>Monitorování dopravy</p> <p>Boj s požáry v neobydlených oblastech</p> <p>Monitorování ropovodů, plynovodů</p> <p>Létající anténní systémy</p> <p>Satelitní vysílače pro „chudé“</p>
Mise v ohrožení	<p>Řízení a hodnocení krizových situací</p> <p>Pátrací a záchranné akce</p> <p>Boj s požáry</p> <p>Olejové skvrny</p> <p>Pozorování hurikánů a záplav</p> <p>Monitorování sopek a zemětřesení</p> <p>Monitorování radiace</p>

Tab. 1.5 Přehled misí I [8]

MISE	PŘÍKLADY NAsAZENÍ
Pozorovací mise	Střežení hranic
	Detekce lesních požárů
	Monitorování dopravy
	Monitorování pobřeží
	Monitorování vedení VN a energovodů
	Námořní hlídkování
	Narušení zákonů
	Sledování drogových cest
	Přesné mapování terénu
Komunikační mise	Sledování úrody a sklizně
	Širokopásmová komunikace
	Přenosové telekomunikační služby
	GPS/Galileo systém – pseudosatelity

Tab. 1.6 Přehled misí II [8]

1.5.2 Vojenské využití

V dnešní době jsou bezpilotní letouny běžný armádní prostředek a primárně jsou využívány pro průzkumné účely. Armáda sbírá pomocí takovýchto prostředků informace o protivníkovi nebo o neznámém terénu. Dále také plní řady speciálních úkolů. Od optického průzkumu bojišť s důrazem na zjišťování pohyblivých cílů či stacionárních objektů až po řízení a vyhodnocování palby vlastních zbraní. Varianty útočné likvidují nepřátelské radiotechnické prostředky (radary), nebo pozemní cíle strategického významu. S pomocí UAV však lze i úspěšně cvičit piloty stíhacích a bitevních letounů nebo vrtulníků a obsluhy palebných prostředků protivzdušné obrany ve střelbě na létající cíle.

Stanoveny již byly kategorie bezpilotních prostředků, které mají sjednotit názvosloví a vymezit úkoly, které mají perspektivně plnit v ozbrojených silách. Jedná se o následující kategorie:

Průzkum

- a) strategický průzkum
- b) taktický průzkum
 - zjišťování pozemních pohyblivých a nepohyblivých cílů
- c) rádiový a radiotechnický průzkum

- d) průzkum vzdušných cílů
 - včasná výstraha a varování
 - identifikace a rozpoznávání státní příslušnosti vzdušných cílů

Velení, řízení a zabezpečení bojové činnosti

- a) velení, řízení a zabezpečení bojové činnosti
 - rádiové spojení, přenos a retranslace dat
 - geografická a kartografická data
- b) zabezpečení bojové činnosti
 - označování a ozařování cílů
- c) určování přesné polohy cílů
- d) bojové prostředky
 - detekce a odhalování cílů
 - kladení minových polí
 - doplňování paliva ve vzduchu

Boj

- a) s nepohyblivými pozemními cíli
- b) s pohyblivými pozemními cíli
- c) se vzdušnými cíli
- d) s kosmickými cíli
- e) s námořními cíli

[17]

1.6 Shrnutí, výhody, nevýhody a budoucnost BZP

Bezpilotní prostředek je relativně mladým druhem techniky a obecně představuje létající, resp. vznášející se prostředek bez lidské posádky. V uplynulých dvaceti, ale hlavně v posledních deseti letech došlo k tak bouřlivému rozvoji bezpilotních prostředků, který nemá v jejich relativně krátké historii obdoby.

V současné době se rýsují zcela nové koncepce jejich bojového nasazení, nejprve v úzké součinnosti s pilotovanými bojovými letouny a vrtulníky, později dokonce samostatně. Předpokládá se, že v západních armádách bude v blízké budoucnosti používáno až 30 000 bezpilotních prostředků různých typů a provedení. Vojenští

specialisté usilovně pracují na taktikách jejich bojového nasazení v moderním konfliktu a odborníci vedou stále diskuse o poměru pilotovaných letounů k bezpilotním prostředkům. Přitom jsou porovnávána všechna pro i proti.

Systémy bezpilotních prostředků poskytují nové schopnosti k vedení misí v oblastech těžce bráněných, s vysokým nebezpečím, kde je velká pravděpodobnost ztráty letounů s lidskou posádkou. Důvody pro preferování bezpilotních prostředků před pilotovanými jsou následující:

- a) neprojevuje se lidská únava (možnost delšího operování),
- b) nižší politická a lidská „cena“ při neúspěchu mise (eliminuje riziko ztráty posádky),
- c) větší pravděpodobnost úspěchu mise:
 - větší potenciál pro „přežití“ (redukovány příznaky objevení nepřítelem),
 - větší manévrovatelnost (za hranicí lidských možností). [28]

Předností relativně jednoduchých bezpilotních prostředků jsou nízké pořizovací a provozní náklady, malé rozměry a nízká hlučnost. Díky tomu mohou být nasazeny přímo nad prostorem dislokace vojsk protivníka, aniž by byly zpozorovány. Ale i v případě, kdy jsou zpozorovány, je vzhledem k jejich malým rozměrům velmi nesnadné je zasáhnout palbou zbraní. Jsou tvořeny trupem, samonaváděcí hlavicí, bojovou částí, autopilotem, palubním počítačem, navigačním systémem a hnací jednotkou. Na základě zkušeností z posledních ozbrojených konfliktů jsou na moderní miniaturní úderné bezpilotní prostředky kladeny základní takticko-technické požadavky:

- a) dostatečná doba letu, umožňující "hlídkovat" nad prostorem dislokace jednotek protivníka a vyhledávat cíle úderu,
- b) spolehlivé vyhledávání a rozpoznávání cílů, umožňující aplikovat princip výběrovosti při jejich postupném ničení,
- c) vysoká přesnost určení polohy, umožňující přesné navedení bezpilotního prostředku do prostoru cílů,
- d) nízká hlučnost a vysoká provozní spolehlivost.

Od původního poslání výhradně průzkumných úkolů se využití bezpilotních prostředků zejména v posledních letech značně rozrůstá. Objevuje se řada nových, stále dokonalejších a technologicky propracovanějších bezpilotních prostředků, které jsou využívány k různým účelům. Ve světě je aktivně používáno již několik desítek různých typů, další jsou intenzívně vyvíjeny a pro své četné výhody se rychle stávají nezbytnou

součástí moderních ozbrojených sil. V současné době 35 států vyvíjí, nebo vyrábí více než 250 modelů UAV, 57 zemí operuje okolo 100 typů UAV, zejména průzkumných. [28]

- **Výhody BZP**

Nižší cena

V případě BZP odpadají požadavky na vybavení a příslušenství pilota, jako např. pilotní kabiny, přístrojů, vystřelovací sedačky, kyslíku, překrytu pilotní kabiny, přetlakového systému. Tyto přednosti jsou do jisté míry negovány potřebou a vybavením pozemního řídicího střediska.

Dolet a vytrvalost letu

Vzhledem k menšímu čelnímu odporu a lepšímu uložení motoru (konstrukce bez pilotní kabiny a přístrojové desky) je u BZP možná delší doba letu na větší vzdálenosti. Neexistují žádná lidská omezení z hlediska doby strávené ve vzduchu (únava a životně důležité potřeby pilota). Některé bezpilotní prostředky budou schopné působit v cizím vzdušném prostoru až několik dní.

Riziko nebezpečí posádky

Bezpilotní prostředek může působit v oblastech s vysokým stupněm radiace, napadenými biologickými, či chemickými zbraněmi, bez nebezpečí ztráty lidského života a může zničit protivníka neletálními zbraněmi, přesným navedením na jeho polohu a výbuchem vezené munice.

Přežití

Vzhledem k tomu, že bezpilotní prostředek nemá pilotní kabinu, je menší a má také menší radiolokační odraznou plochu, než klasický pilotovaný letoun. Letové manévry nejsou limitovány fyziologií člověka, a proto mohou být prováděny s velkým přetížením (nad 10 G), což mimo jiné představuje i aktivní ochranu před PLŘS (protiletectká řízená střela).

Výcvik

Většinu letového výcviku operátorů bezpilotních prostředků představuje simulátor. Jeho provoz není závislý na počasí, na denní, či noční době, ani na počtu momentálně

provozuschopných bezpilotních prostředků. Pravidelná účast na cvičeních umožňuje ověřovat doktrínu a různé bojové taktiky v součinnosti s pilotovanými letouny.

Náklady na výcvik a provoz

Pouze malé procento výcviku se provádí reálně, tzn. klasickým letovým provozem a náletem určitého počtu letových hodin jako u pilotovaných letounů. Vzhledem k tomu, že většina bezpilotních prostředků je po většinu času uskladněna a létá jen malá část, jsou náklady na pohonné hmoty a ošetřování za provozu v době míru minimální.

Obsluha

Provoz bezpilotních prostředků v porovnání s pilotovanými letouny zabezpečuje jen velmi málo osob technického personálu. Operátoři mohou bez problémů postupně zabezpečovat několik různých misí a přitom obsluhovat i několik bezpilotních prostředků současně. Již po několika cvičných letech lze podstatně snížit počet operátorů, nutných pro zajištění provozu. [17]

- **Nevýhody BZP**

Přenos dat (datalink)

V důsledku elektronického rušení, nebo manipulace signálem ze strany protivníka, hrozí ztráta možnosti řízení letu. Předpokládat lze dlouhodobé výpadky přenosu informace spojené s dlouhým doletem, momentální polohou družic, nebo v důsledku vzájemné interference elektronických prostředků vlastních a spřátelených vojsk. Omezený rozsah pracovních kmitočtových pásem vyplývající ze značného počtu a přeplněnosti prostředků utajeného spojení pro případy víceúčelových operací bezpilotních prostředků. V krajním případě může po ztrátě spojení a po neřízeném letu dojít k havárii.

Doplňování paliva za letu

Nebezpečí hrozící při přiblížení k cisternovým letounům KC-135 nebo KC-10 a nebezpečí kolize s jinými letouny při doplňování paliva za letu vyžaduje doplnění bezpilotního prostředku speciálními komunikačními a naváděcími prostředky pro zabezpečení manévru.

Bezpečnost provozu

Problém bezpečnosti provozu je závislý na počtu letounů k počtu operátorů nebo počtu operátorů k počtu letounů a bezpilotních prostředků. V řízení letového provozu a v průběhu mise nad územím protivníka hrozí vážné nebezpečí kolize bezpilotního prostředku s letounem ve vzduchu. Bzpilotní prostředek je relativně pomalý a proto je vystaven přímé palbě PL dělostřelectva, PLŘS i útokům letounů protivníka.

Stavy nouze

BZP mají nižší schopnost rychlého rozpoznání a opravy závad a jejich odstranění během letu. Dále nejsou schopny využívat záložních leteckých základen pro ošetření, doplnění paliva a přípravy k opakovanému letu nebo v prostoru vlastní jednotky a při nepříznivém počasí. [17]

• Budoucnost BZP

21. století bude nepochybně ve znamení bezpilotních prostředků. V posledních letech se objevují další a další nové a stále dokonalejší, technologicky propracované typy bezpilotních prostředků. Vzhledem k faktu, že bezpilotní prostředky jsou využívány především k vojenským účelům, vojenští specialisté usilovně pracují na taktikách jejich bojového nasazení v moderním konfliktu. Stále diskutovanou otázkou je také poměrné zastoupení pilotovaných bojových letounů s prostředky bez posádky. Z analýz konfliktů jednoznačně vyplývá, že v případě, kdy budou pevně zakotveny způsoby jejich použití a součinnosti s dalšími zbraňovými prostředky, budou bezpilotní prostředky dosahovat mnohem lepších výsledků. Právě fakt, že v případě bezpilotních prostředků nehrozí riziko ztráty lidských životů, může velitele nabádat k jejich nasazení do rizikových misí. Předpokládá se, že v západních armádách bude v blízké budoucnosti používáno až 30 000 bezpilotních prostředků různých typů a provedení. Po vyřešení legislativních překážek je však možné očekávat rozsáhlé nasazení bezpilotních prostředků i v civilním sektoru.

2 AVIONIKA BZP

2.1 Historie a trendy rozvoje vybavení BZP

Avionika BZP, tedy jejich vybavení elektrickými a elektronickými přístroji, nemá tak dlouhou historii jako bezpilotní prostředky samotné. Tento fakt je způsoben především tím, že v prvopočátcích byly takovéto prostředky využívány pro nácvik střelby vojenského letectva a nebyla tedy potřeba vynalézat a využívat vybavení, která by uživatelům poskytovala informace, tak jako je tomu v dnešní době. Teprve v sedmdesátých letech se začaly hojně využívat denní a noční fotoaparáty, které byly následně zaměněny za televizní nebo infračervené kamery. Dnes jsou také velmi často využívány termokamery pracovního pásma 3 až 5 μm , které dovolují nejen snížit objem a hmotnost letounu, ale navíc dovolují snadné vestavění laserového dálkoměru. [30] Také se lze velmi hojně setkat s integrací uvedených zařízení do jednoho celku. Tehdy se jedná o multifunkční optoelektronické přístroje.

Na kvalitě výsledků vzdušného průzkumu pozemních cílů vedeném BZP se podílejí také další senzory. Na bezpilotních prostředcích se používají kromě optoelektronických přístrojů také senzory k vedení radiolokačního, rádiového a radiotechnického, dále meteorologického, radiačního, chemického, biologického průzkumu a analýzy stavu prostředí. Současné bezpilotní prostředky tedy nejsou pouhá letadélka, ale poměrně složitý systém, ve kterém se vzájemně doplňují možnosti a letové charakteristiky bezpilotního prostředku s provozními možnostmi vestavěných senzorů a dalšími prostředky zabezpečení (řízení letu, navigace, přenosu dat). Vývoj se proto soustřeďuje nejen na konstrukci a hnací jednotku, ale samozřejmě také na jeho systém řízení a dálkového ovládání, zpracování (digitalizace obrazů, kompresi dat) a přenos informací.

S prodlužováním doletu bylo potřeba zabezpečit spolehlivé řízení a přenosy dat i za hranicí přímé rádiové viditelnosti. To si vynutilo aplikaci vysoce mobilních a rychle rozvinutelných řídicích středisek, která by bylo možné operativně použít. Nabízí se rovněž využití spojovacích družic, případně dalších prostředků, schopných zabezpečit spolehlivý, utajený a proti rušení odolný přenos řídicích povelů a průzkumových dat mezi pozemními středisky a bezpilotními prostředky. [21, 30]

Přesnou navigaci zabezpečují terminály družicového navigačního systému NAVSTAR GPS, stabilní let zajišťují špičkové řídicí počítače.

Díky výzkumům, jež přinášejí cenné poznatky z oblasti letectví, a také díky využití nejnovějších technologií, jsou v současné době bezpilotní letecké prostředky vybavovány nejmodernějšími přístroji umožňujícími jejich nasazení v nejrůznějších misích. Přístrojová vybavení jednotlivých typů UAV se tedy mohou lišit, a to především podle účelu, k němuž mají být využity.

2.2 Vybavení BZP

Optoelektronika

Jedním ze základních požadavků na moderní vzdušný průzkum je pozorování, sledování a rozpoznávání objektů a cílů za všech povětrnostních podmínek, ve dne i v noci. Proto se v dnešní době stále ve větším měřítku využívají různé optoelektronické prostředky, schopné poskytovat obrazovou informaci v reálném čase, resp. čase blízkém reálnému. Nejprve však k samotnému názvu „optronika“, což je zkratka slova optoelektronika, jež představuje technologii, v níž optické a elektronické prvky působí společně takovým způsobem, že mění světlo na elektrickou energii, nebo naopak elektrickou energii na světlo. Tyto prostředky pracují ve třech pásmech, v tzv. „pásmech propustnosti atmosféry“. Ty představují oblasti kmitočtového spektra s minimálním útlumem šíření atmosférou. Využívání těchto oblastí má praktický význam pro dosažení co největšího dosahu průzkumu optoelektronickými prostředky. [7]

OP využívají tyto pracovní oblasti:

- světelná a blízká infračervená oblast v pásmu 0,4 – 1,5 μm ,
- střední infračervená oblast MWIR (Medium Wave Infra Red) v pásmu 3 – 5 μm ,
- vzdálená infračervená oblast LWIR (Long Wave Infra Red) v pásmu 8 – 14 μm .

Z hlediska funkce lze optoelektronické prostředky rozdělit na **aktivní, poloaktivní a pasivní**.

- Aktivní prostředky představují pozorovací prostředky I. generace s elektrooptickými převaděči obrazu a s infravětlometem, laserové vyhledávače a ozařovače cílů a laserové dálkoměry. Použití aktivních prostředků je nevýhodné proto, že ke své činnosti vyžadují pomocný zdroj infračerveného záření a tak jsou za provozu snadno

zjistitelné. Laserové záření se poměrně dobře šíří mlhou, deštěm i oparem. Vyznačuje se vysokou úhlovou a dálkovou přesností a proto se často slučuje s termovizními a televizními kamerami. Přesné údaje vzdálenosti objektů řádově jednotek metrů umožňuje poměrně přesně určit jejich polohu. V tomto směru nebyl laser dosud překonán a nachází stále širší uplatnění zejména jako součást optoelektronických průzkumných zařízení.

- K poloaktivním prostředkům patří noktovizory (zařízení zesilující zbytkové světlo) se zesilovači jasu, nízkourovňová televizní kamera (LLLTV - Low Light Level Television) obvykle osazená vysoce citlivým detektorem a infračervené přístroje. Použitelnost a dosah těchto prostředků je závislý především na intenzitě „zbytkového záření noční oblohy“, tzn. svitu měsíce a hvězd. Nízkourovňové televizní kamery zajišťují poměrně ostrý obraz objektů s vysokou rozlišovací schopností ve dne, v lehkém oparu, za soumraku i v noci při nízké úrovni osvětlení. V husté mlze, kouři a dešti se jejich dosah značně snižuje, až mohou být téměř nepoužitelné. S ohledem na vysoký stupeň miniaturizace mohou být televizní kamery zabudovány i do malých bezpilotních prostředků. Během letu může být obraz rádiem přenášen do vyhodnocovacího střediska.

- Zcela pasivní prostředky jsou termovize a termokamery. Jejich výhodou je možnost použití jak ve dne, tak za úplné tmy, tedy při takových světelných podmínkách, kdy použití jiných optoelektronických prostředků je prakticky nemožné. Termovizní prostředky poskytují reálný obraz, který může být vizuálně sledován, zaznamenáván, případně i rádiem přenášen na obslužné stanoviště. Pracují na principu citlivého vyhodnocování a rozlišování tepelných charakteristik objektů. Největší předností termovizních prostředků je jejich zcela pasivní provoz, který vylučuje možnost zjišťování jejich činnosti a zaměřování polohy pozorovatelů. Podle předpokládaného určení a požadovaných parametrů se vyrábějí v různých provedeních a variantách jak pro civilní, tak pro vojenské účely. Podle použité optické části mohou mít různé zorné pole - pro detailní pozorování desetin stupňů až pro přehled desítky stupňů. Jejich mohutný rozvoj v posledních letech se odrazil v podstatném snížení rozměrů (250 x 100 x 50 mm), hmotnosti (i méně než 1 kg) a spotřeby. Moderní optoelektronické prostředky umožňují sloučit vizuální televizní obraz s tepelným infračerveným obrazem na jednom displeji. Nevýhodou je částečné snižování dosahu v důsledku nepříznivého počasí, dýmu a prašnosti v pozorovaném prostoru.[7]

Radiolokátory

Radary jsou aktivní prostředky, které intenzivně vyzařují elektromagnetickou energii, čímž také vyzrazují přítomnost bezpilotního prostředku při vedení průzkumu. Naproti tomu mají některé přednosti, které jiné senzory nemají, a proto nabývají mimořádného taktického významu. Jednou z největších předností radarů je, že v režimu indikace pohyblivých cílů (MTI - Moving Target Indication) umožňují vyčlenit cíle, pohybující se malou rychlostí. Další mohutný nástup zaznamenaly speciální radary se syntetizovanou aperturou SAR (Synthetic Aperture Radar), které se vyznačují mimořádně vysokou rozlišovací schopností řádově metru. Dalším druhem této kategorie je tzv. inverzní SAR, jehož rozlišovací schopnost je 0,1 až 0,3 metru.

Meteorologické senzory

Tyto senzory a sondy jsou určeny k měření meteorologických parametrů prostředí. Svojí výkonností z hlediska rychlého prozkoumání a vyhodnocení rozsáhlých prostorů daleko předčí své předchůdce – meteorologické sondy s vysílači, vynášené do velkých výšek na balónech. Navíc balón je těžko nebo dokonce vůbec ovladatelný operátorem a ani ho nelze vícenásobně použít. Bzpilotní prostředek naopak létá i opakovaně přesně tam, kde operátor chce a kde jej zapotřebí. Meteorologický senzor UAV MET může během letu měřit širokou škálu teplot, od -74°C do $+58^{\circ}\text{C}$, taktéž tlak od 350 hPa do 1000 hPa, a relativní vlhkost od 0% do 100%. Naměřené analogové údaje převádí do digitálního formátu, vhodného pro přenos do pozemního vyhodnocovacího střediska. [18,21]

Detektory chemických látek

Detektory chemických látek jsou využívány pro přehled vytipovaných prostorů se zaměřením na výskyt životu nebezpečných a toxických látek a vyhodnocování stavu zamoření. Typickým zástupcem prostředků této kategorie je detektor LSCAD (Lightweight Stand-off Chemical Agent Detector), který je používán i na malých bezpilotních prostředcích. Základem detektoru je speciální infračervený interferometr a moderní prostředky a technologie zpracování signálů. Pro optickou orientaci senzor spolupracuje s televizní kamerou. Maximální dosah detektoru chemických látek LSCAD je 5 km.

Prostředky pro přenos dat (datalink)

Jedním z důležitých požadavků na vzdušný průzkum je schopnost přenosu informací z letounu během letu do pozemních vyhodnocovacích středisek v reálném čase. Přenos dat je

ale možný pouze za předpokladu předchozí digitalizace snímků, musí být spojitý, oboustranný a hlavně maximálně odolný proti elektronickému rušení. S prodlužováním doletu bezpilotních prostředků vzniká potřeba zabezpečit jejich spolehlivé řízení a přenosy dat i za hranicí přímé rádiové viditelnosti. Nabízí se rovněž využití spojovacích družic, případně dalších prostředků, schopných zabezpečit spolehlivý, někdy i utajený a proti rušení odolný přenos řídicích povelů a průzkumových dat mezi pozemními středisky a bezpilotními prostředky. [18,21]

2.3 Přehled vybavení jednotlivých typů

Po úvodním popisu jednotlivých typů bezpilotních prostředků z kategorizačních skupin v podkapitole 1.3 Zástupci bezpilotních prostředků, pokračuji s obeznámením přístrojového vybavení těchto letounů.

MAV (Micro Aerial Vehicle) - DelFly Micro Dragonfly

Zástupce této skupiny, DelFly Micro Dragonfly, o rozpětí křídel jen 10 centimetrů a hmotnosti 3,07 g je jeden z nejmenších bezpilotních prostředků na světě. Dragonfly má velmi malou kameru (přibližně 0,5 g) a obraz přenáší v reálném čase k pozemní stanici. Jeho baterie váží pouze jeden gram, což dovoluje let o délce zhruba třech minut a jeho maximální rychlost je 5 m/s.

Miniprostředky – RQ-11 Raven

Prostředek, jenž je schopný automatického nebo manuálního letu (např. pomocí softwaru FalconView). Ve své výbavě má citlivé optické přístroje, které přenášejí ve dne i v noci obraz v reálném čase. Taktéž mají zabudovanou GPS navigaci a jsou vybaveny laserovým značkovačem, který umožňuje navádět letouny na cíle ke zničení. Při ztrátě spojení se letoun automaticky vrací na startovací bod nebo na místo, kde byl naposledy silný signál nebo na konkrétně předem zvolené místo. [1,19]

CR (Close Range) – LUNA X-2000

Tento prostředek LUNA dosahuje maximální rychlosti letu 160 km/h, při hlídkování 70 km/h a při přistání pouhých 48 km/h. Může působit v operační výšce od 500 do 4000 m po dobu 2 až 4 hodin, přičemž dosah přenosového systému pro předávání získaných informací v reálném čase je 65 km. Přenos dat a řídicích povelů je realizován v pásmu

5 MHz, systém automatického sledování letu pracuje na kmitočtu 5 GHz. Anténa je umístěna na automobilu řídicího střediska. K průzkumu používá nízkoúrovňovou CCD televizní kameru se zoomem nebo termovizní zobrazovací zařízení P286D Attica firmy Zeiss, instalovanou ve spodní části trupu a barevnou televizní kameru pro řízení letu, instalovanou v přídi. Let může být naprogramován, nebo řízen manuálně operátorem z pozemního řídicího střediska a s využitím autopilota a diferenciálního družicového navigačního systému DGPS. [18]

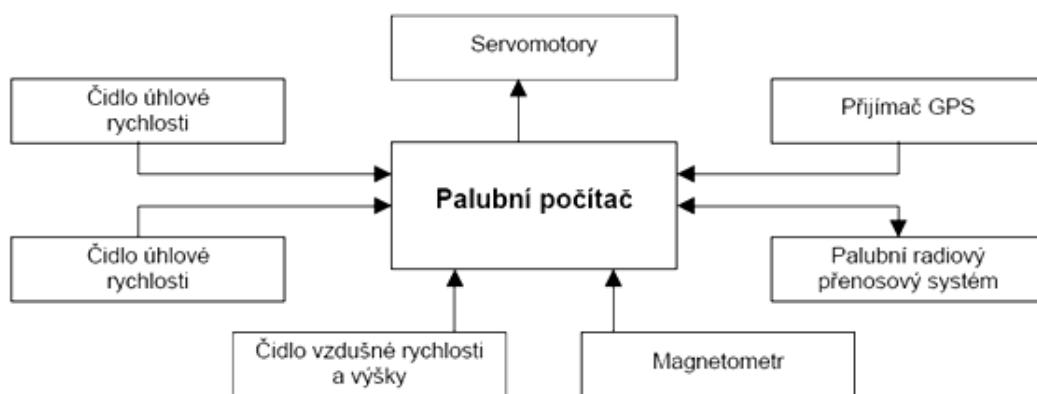
SR (Short Range) – SOJKA III

SOJKA III není tvořena pouze samotným letounem, ale je ji třeba považovat za komplexní systém, který je tvořen několika dalšími podsystemy. Tyto jsou společně propojeny a jeden bez druhého nemohou správně fungovat. Systém bezpilotního letounu SOJKA III tvoří následující podsystemy:

- palubní řídicí systém,
- pozemní řídicí systém,
- radiový komunikační systém,
- uživatelské vybavení.

Každý z těchto podsystemů je dále tvořen jednotlivými prvky. Palubní řídicí systém tvoří:

- palubní počítač,
- palubní čidla,
 - čidlo statického a dynamického tlaku,
 - čidla úhlové rychlosti,
 - čidlo otáček motoru,
 - tříosý magnetometr,
 - přijímač GPS,
- servomechanismy,
- program řízení letu v poloautomatickém nebo automatickém režimu.



Obr. 2.1 Schéma palubního řídicího systému

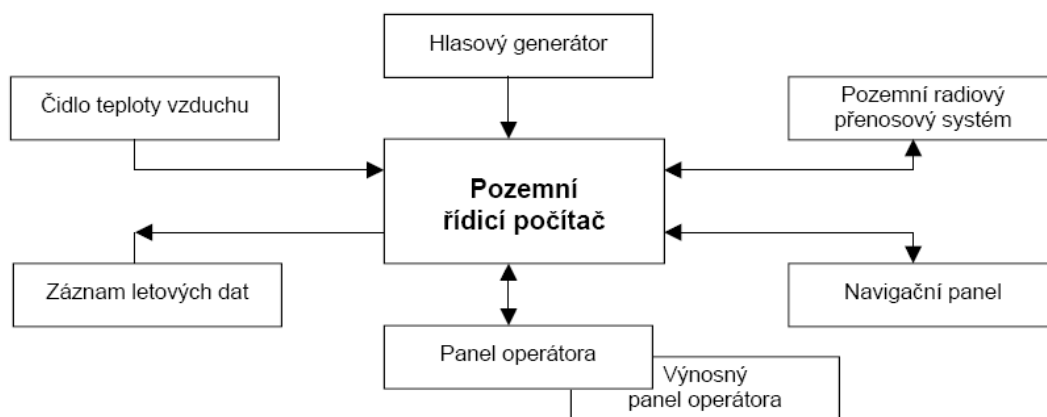
Pozemní řídicí stanoviště je vestavěno do kontejneru, který je připevněn k podvozku nákladního vozidla s kontejnerovými příčnicíky ISO-D.

Kontejner obsahuje:

- pozemní řídicí systém s dvěma panely operátora letounu (vnitřní a výnosný),
- počítače s monitory zobrazujícími letové údaje a digitální mapy,
- počítač zpracovávající obraz z TV kamer (pracující v reálném čase),
- počítač velitele s komunikační podporou pro připojení do informační sítě nadřízeného velitelského stupně,
- pozemní rádiový systém,
- klimatizaci a filtroventilační zařízení
- anemometr a teploměr venkovní teploty
- výnosný generátor elektrické energie (230 V AC/50 Hz)



Obr. 2.2 Pozemní řídicí stanoviště



Obr. 2.3 Schéma pozemního řídicího stanoviště

Radiový komunikační systém je tvořen:

- spojem pro řízení BZP a uživatelského zařízení,
- spojem pro přenos telemetrických dat z paluby,
- spojem pro přenos TV signálu z paluby

Uživatelské vybavení v základní verzi tvoří:

- maticová CCD TV kamera (pilotní, šikmá, kolmá)
- palubní videorekordér
- videorozbočovač

Režimy letu

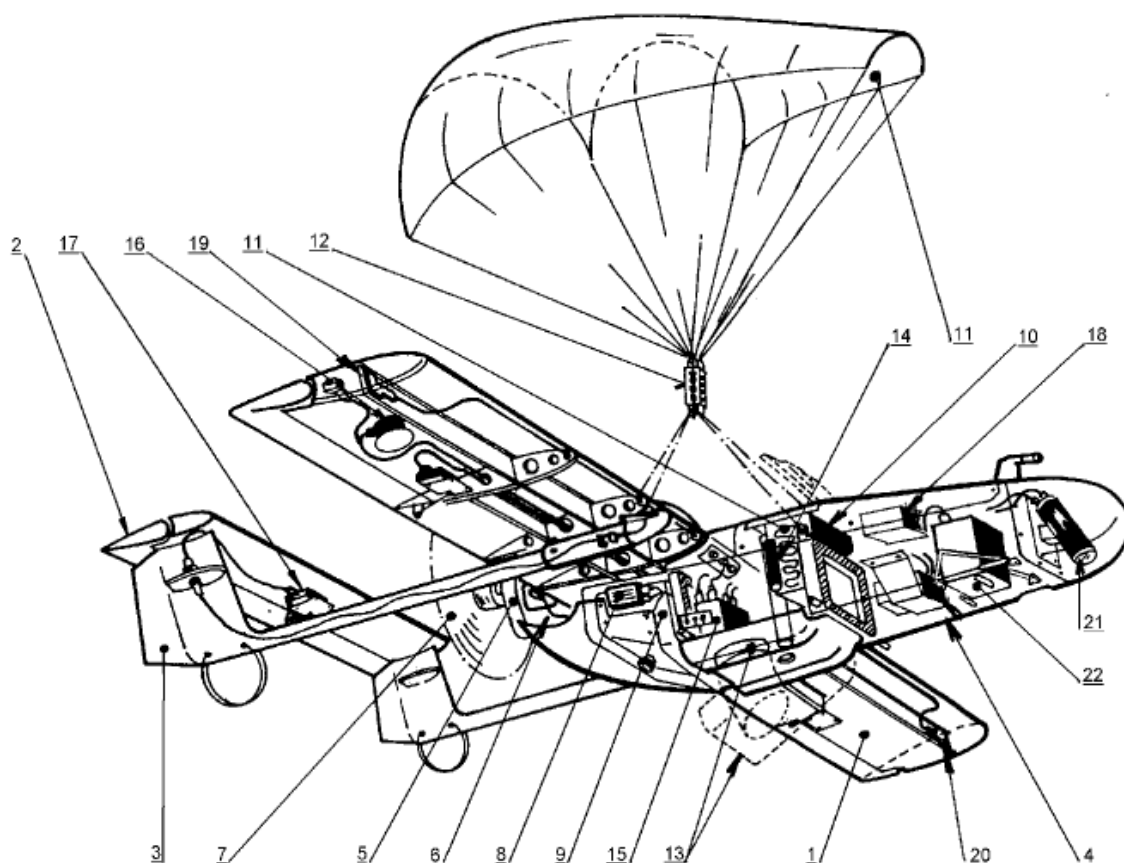
Při poloautomatickém režimu letu řídí pilot-operátor bezpilotní prostředek prostřednictvím smyček autopilota. Pohybem řídicích pák panelu operátora definuje požadavky pro změnu směru letu prostředku nebo jeho výšky.

Při automatickém letu je naplánovaná letová trajektorie ve tvaru lomené čáry. Program popisuje směr, rychlost a výšku letu a případnou aktivitu uživatelského vybavení. Datový soubor s programem se posílá na palubu v zakódované podobě před startem, během poloautomatického řízení letu nebo i při letu podle programu. Program může být změněn před spuštěním nebo o během vlastního chodu. Program je také možno kdykoliv přerušit na pokyn operátora, přejít do poloautomatického módu řízení a později případně pokračovat v přerušeném programovém letu.

Jedním ze speciálních programů je tzv. Návrat. Pilot-operátor může jedním stisknutím tlačítka přerušit vykonávaný programový let a navrátit bezpilotní prostředek do místa startu. [23]

Komunikační kanály

Datový přenos	300 – 350 MHz
TV přenos	1,3 GHz (alternativně 5,4 GHz)



Obr. 2.4 Schéma SOJKA III

1 – křídlo	9 – palivová nádrž	16 – magnetometr
2 – vodorovná ocasní plocha	10 – kontejner s padákem	17 – servomotor
3 – svislá ocasní plocha	11 – padák	18 – palubní Tx a Rx
4 – trup	12 – odpojovač padáku	19 – anténa Rx
5 – pohonná jednotka	13 – tlumič rázu	20 – anténa Tx
6 – alternátor ss proudu	14 – vytažena raketa padáku	21 – maticová TV kamera
7 – vrtule	15 – palubní počítač	22 – video magnetofon
8 – zapalování		

MR (Medium Range) - RQ-5A Hunter

Tento letoun je vybaven dvěma dvouválcovými čtyřtaktními motory, inerciálním navigačním zařízením s vestavěným terminálem družicového navigačního systému NAVSTAR, zařízením pro přenos dat a příjem řídicích povelů (anténa nad trupem). Palubní průzkumné vybavení může zahrnovat různé komponenty dle druhu vykonávaného úkolu. Má modulovou konstrukci, což umožňuje jeho rychlé nastavení podle účelu, k němuž má být bezpilotní prostředek použit. Senzory jsou umístěny na speciální gyroskopicky stabilizované plošině, která je otočná o 360°. Let tohoto letounu je řízen buď plně automaticky pomocí programu, nebo příkazy operátora, přičemž pozemní středisko může zabezpečovat řízení několika prostředků Hunter současně. Průzkumný systém zahrnuje osm bezpilotních prostředků Hunter, pozemní středisko řízení letu, příjmu a zpracování průzkumných informací, komplex modulového průzkumného vybavení, stanici přípravy bezpilotních prostředků ke vzletu a další pozemní pomocná zařízení.



Obr. 2.5 RQ-5A Hunter

Standardním vybavením tohoto letounu je:

- jedna až dvě televizní kamery,
- infračervená kamera s dopředným snímáním,
- laserový dálkoměr,
- označovač cílů.

Bezpilotní letoun Hunter dokáže díky svému vybavení plnit následující mise:

- sběr dat s denním nebo nočním vybavením do vzdálenosti 100 km a zajištění přenosu a zpracování těchto údajů,
- pozorování a průzkum terénu,
- zjišťování potenciálních cílů pro dělostřelectvo,
- průzkum vykonaného rozsahu ničení,
- podpora civilních misí při živelných pohromách (požáry, záplavy, vulkanická činnost, apod.).

Vylepšený systém MQ-5B Hunter umožňuje příjem, vyhodnocování informací a řízení letu ze společného mobilního řídicího střediska pozemního vojska a umožňuje tak dosáhnout vyšší schopnosti při vzájemném poskytování služeb. Zdokonalení optoelektronických prostředků Hunter vytváří předpoklady nejen pro kvalitnější vedení misí vzdušného průzkumu a přehledu, ale bezpilotnímu prostředku dovoluje používat přesné zbraně, zabezpečovat spojení, přenosy dat a obrazových informací ze senzorů v rámci jednotné informační sítě. Operátorům nabízí snadnější provoz, údržbu a ošetřování v polních podmínkách. [12]

MALE (Medium-Altitude Long Endurance) – RQ-1A Predator

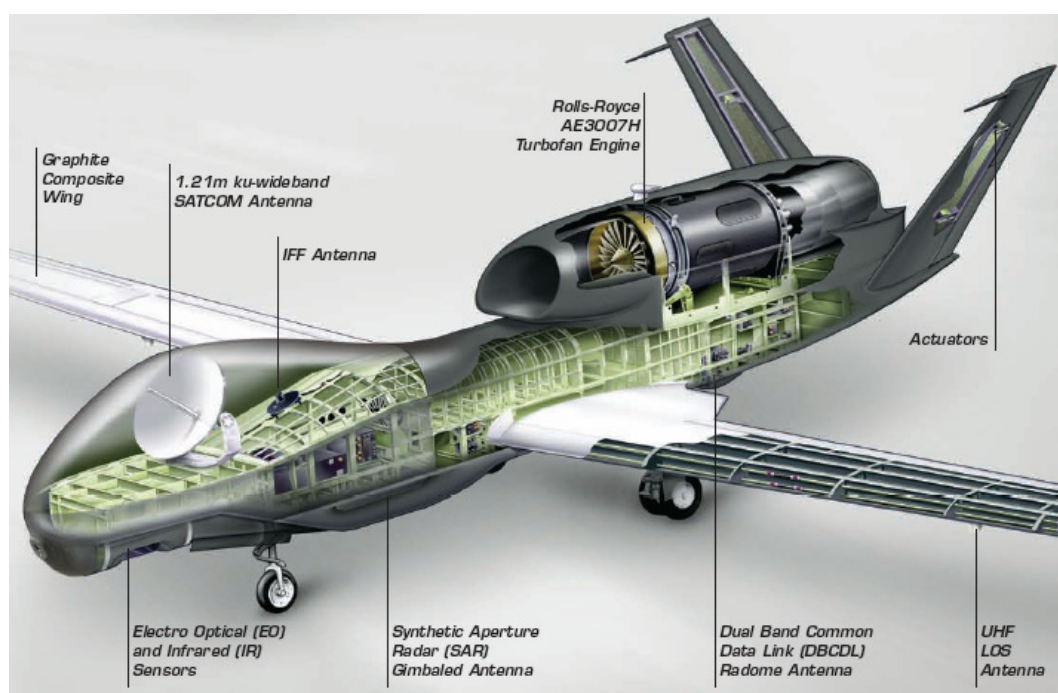
Palubní vybavení tohoto letounu zahrnuje inerciální navigační zařízení s korekcí údajů systému NAVSTAR/GPS, malým řídicím počítačem, televizní kamerou s proměnnou ohniskovou vzdáleností pro denní pozorování, dvojicí infračervených kamer a laserovým označovačem cílů. Senzory jsou umístěné na gyrokopicky stabilizované základně, stejně jako tomu je u letounu Hunter. Standardní součástí každého Predatora je také radar TESAR (Tactical Endurance Synthetic Aperture Radar), který poskytuje přehled o situaci za každého počasí s rozlišením 30 cm. Pracuje ve dvou základních režimech - mapování a indikace pohyblivých cílů (MTI). V režimu MTI dokáže odhalit cíl, pohybující se rychlostí větší než 1,5 m/s v dopředném a 3,5 m/s v příčném směru od podélné osy směru letu. Za letu může snímat pás terénu o volitelné šířce od 5 do 25 km. Radiolokátor TESAR má hmotnost 84 kg a pracuje v kmitočtovém pásmu 16,07 – 16,87 GHz výkonem 1150 W. Informace z tohoto radaru, videosignál a informace z infračervené kamery jsou v reálném čase poskytována pozemním nebo vyhodnocovacím střediskům.[30]

HALE (High-Altitude Long Endurance) – Global Hawk

Hlavním vybavením tohoto letounu je radiolokátor a elektrooptické a infračervené systémy. Radiolokátor MP-RTIP firmy Raytheon, který je schopný pracovat v režimu s vysokou rozlišovací schopností, kdy dokáže pořídít až 1 900 snímků za den plochy o rozloze 4 km². Tento radiolokátor dokáže také pracovat jako indikátor pozemních pohyblivých cílů GMTI, který dokáže prozkoumat za minutu 15 000 km² a do vzdálenosti 100 km zjistit cíle rychlejší 7,5 km/h.

Tatáž firma vyvinula pro tento letoun optoelektronický a infračervený průzkumný systém, jež se nachází ve spodní části trupu před přední podvozkovou šachtou. Jeho hmotnost činí 105 kg, efektivní dosah až 28 km a může snímat prostor o rozloze větší než 64 000 km². Tento systém se společným teleskopickým objektivem o průměru 25 cm se otáčí okolo podélné osy o $\pm 80^\circ$ a ve směru osy o $\pm 15^\circ$.

Pro přenos informací je letoun vybaven výkonným satelitním komunikačním systémem s anténou o průměru 1,2 m, který předává data přes družici do pozemního stanoviště na libovolném místě planety. K dispozici je i klasický datový spoj. Širokopásmová komunikace prostřednictvím komerčních satelitů slouží jako primární datový spoj pro přenos obrazu. Hlasová komunikace je přenášena prostřednictvím pásem UHF/VHF. Systém je navíc doplněn o přímý širokopásmový komunikační kanál realizovaný prostřednictvím zabezpečeného protokolu Common Data Link (CDL).

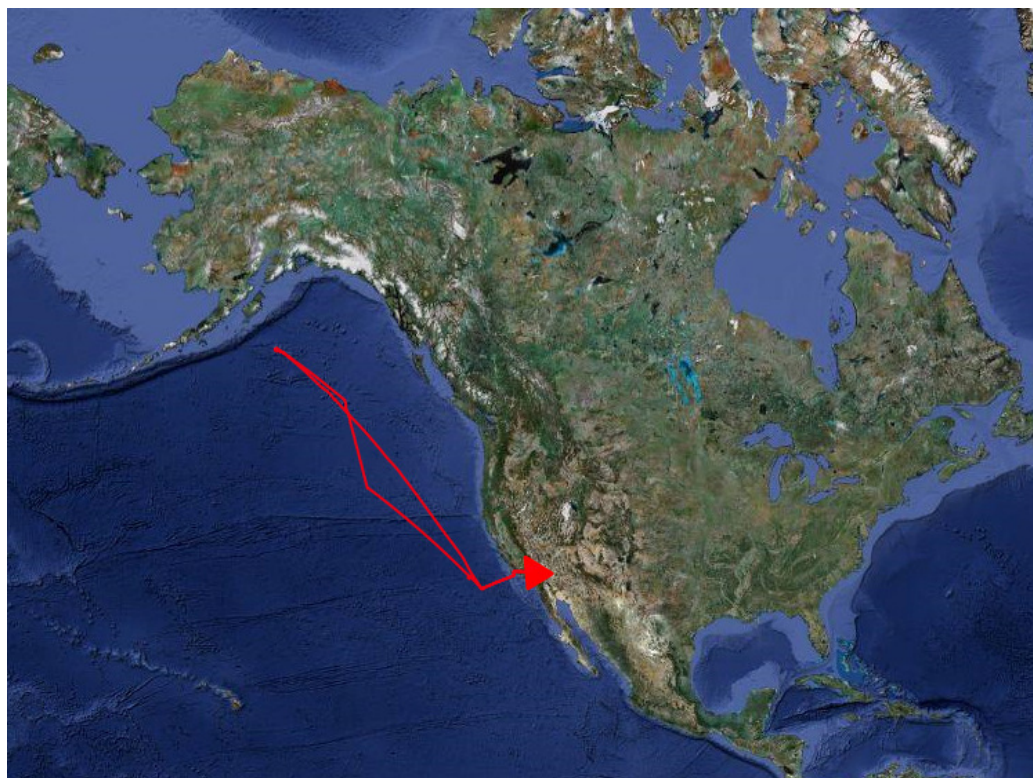


Obr. 2.6 Vybavení Global Hawk

Kvůli bezpečnosti jsou letouny vybaveny výstražným a antikolizním systémem sledující letecký provoz a s předstihem varující operátora. Pro přímé spojení s řízením letového provozu by měl být k dispozici spoj pro hlasovou komunikaci. [29]

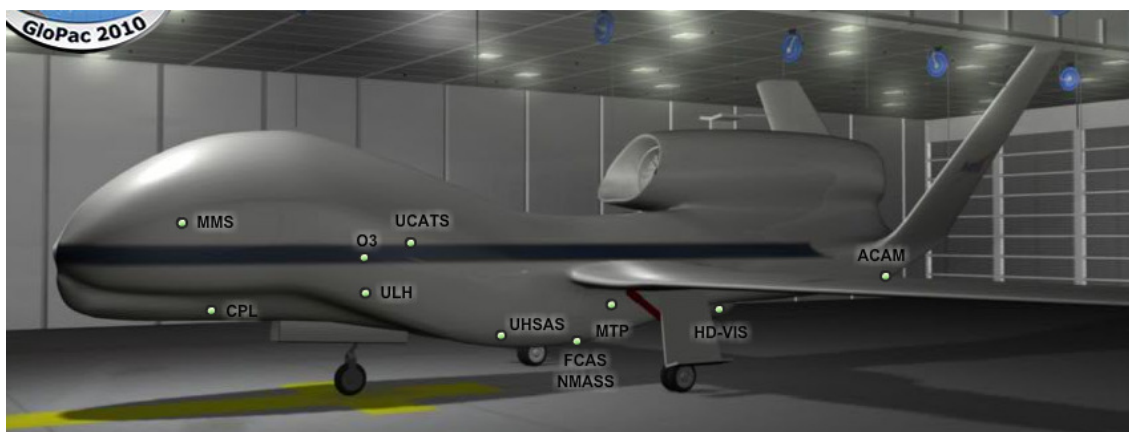
Mise GloPac 2010

V dubnu tohoto roku letoun Global Hawk způsobil revoluci ve vědeckém létání, když zahájil program GloPac (Global Hawk Pacific) prvním letem nad Tichým oceánem. Účelem programu, který funguje pod hlavičkou NASA, je výzkum atmosféry nad Pacifikem a moří okolo polárního kruhu. Stroji je před letem naprogramována plánovaná cesta a během letu neustále udržuje satelitní kontakt s pozemním kontrolním stanovištěm. První let trval 14 hodin, letoun při něm uletěl celkem 8 334 kilometrů a operoval až do výšky 18,6 km. Na následujícím obrázku je znázorněná dráha prvního letu. [4]



Obr. 2.7 Dráha prvního letu Globak Hawk při misi GloPac

Při standardním letu nese Global Hawk na palubě celkem 11 přístrojů, pomocí kterých může získávat vzorky a záznamy o chemickém složení troposféry a stratosféry. Zároveň přístroje sledují pohyby mračen v obou sférách, a také přítomnost aerosolových částic.



Obr. 2.8 Global Hawk pro misi GloPac

Přístroje, kterými je bezpilotní letoun vybaven:

- ACAM – Airborne Compact Atmospheric Mapper – kompaktní atmosférický „mapovač“, který se skládá ze dvou spektrometrů pro měření rozptylu a absorpce slunečního záření v atmosféře. Cílem je určit přítomnost oxidu dusičitého NO_2 a ozónu O_3 . Tato dvojice přístrojů je doplněna kamerou s vysokou rozlišovací schopností pro vizuální průzkum oblačnosti a jevů na zemském povrchu,
- CPL – Cloud Physics LIDAR – radar pro vysílání pulzů a snímačem jejich odrazů pro výzkum hustoty oblačnosti a aerosolů,
- FCAS – Focused Cavity Aerosol Spectrometer a NMASS – Nuclei-mode Aerosol Size Spectrometer – dva speciální spektrometry pro stanovení velikosti a množství částic o průměru mezi 4 a 1000 nanometry,
- HDVis – High-Definition Video System – kamerový systém s vysokým rozlišením pro monitorování typu oblačnosti a letové situace,
- MMS – Meteorological Measurement System – Meteorologická stanice pro měření tlaku, teploty, vzdušných vírů, směru a rychlosti větru v okolí letadla,
- MTP – Microwave Temperature Profiler – Radiometr pro měření mikrovlnného vyzařování molekul atmosférického kyslíku. Výsledky jsou transformovány do

obrazu tepelného pole v okolí letové dráhy. Měření zároveň poskytuje základnu pro sjednocení všech měření,

- UHSAS – Ultra-High Sensitivity Aerosol Spectrometer – Citlivý měřič koncentrace a velikosti aerosolových částic v odebraných vzorcích vzduchu pomocí analýz rozptylu a odrazu laserového paprsku. Aerosoly jsou mikroskopické pevné, nebo kapalné částice rozptýlené v plynu – např. kouř, smog, mlha, aj.,
- UCATS – Unmanned Aircraft System Chromatograph for Atmospheric Trace Species – Dvojice chromatografů pro rozlišení různých molekul ve vzduchu a s nimi spojeným párem fotometrů pro měření ozónu a vodní páry. Systém zaznamenává množství skleníkových plynů, jako je oxid dusný, metan, hexafluorid síry, oxid uhelnatý a vodík,
- UAS Ozone – NOAA Unmanned Aerial System Ozone Instrument – Přístroj pro odběr vzorků vzduchu, který poté proudí komorou s ultrafialovým zářičem a detektorem. Ozón dobře absorbuje UV, a čím je ho ve vzduchu více, tím méně UV záření jím projde až k detektoru,
- ULH – Unmanned Aerial System Laser Hygrometer – Laserový vlhkoměr, který využívá nepřetržitý laserový paprsek a dvě zrcadla pro kontinuální měření množství vodní páry ve vzduchu kolem letadla. [4]

UCAV (Unmanned Combat Aerial Vehicle) – Barracuda

Tento bezpilotní prostředek létá zcela samostatně, protože je vybaven radarem, který nepřetržitě porovnává zemský profil s daty uloženými ve speciální mapě. Letoun je dále vybaven vysoce citlivými termokamerami a radarovými skenery. Ačkoliv je Barracuda řazena mezi bojové letouny, nebude většinou nasazována do bojových, ale do průzkumných operací. Jde především o dálkový průzkum Země. [20]

3 LEGISLATIVNÍ PODMÍNKY

S ohledem na rozvoj letectví v oblasti bezpilotních systémů a leteckého modelářství a z důvodu potřeby dalšího posilování úrovně bezpečnosti letového provozu, osob a majetku na zemi byla snaha ve spolupráci Ministerstva dopravy, Úřadu pro civilní letectví a dalších subjektů státní správy, zástupců leteckého průmyslu a letecké veřejnosti, vypracovat koncepci regulace bezpilotních systémů. Tato koncepce, která měla údajně vycházet z platné legislativy a mezinárodních standardů a doporučení, měla být implementována postupně v několika krocích. Toto bezpečnostní opatření by bylo jedním z nástrojů pro řešení regulace bezpilotních systémů do doby veřejného projednání a následného uveřejnění podrobného vnitrostátního předpisu a provedení dalších nezbytných opatření. Pro účely koncepce, a tedy i tohoto bezpečnostního opatření, se za bezpilotní prostředek považuje letadlo, které je konstruováno pro provoz bez pilota - člověka na palubě. Za velitele letadla, jak je definován leteckým předpisem L 2, Pravidla létání, se považuje pilot bezpilotního systému, přičemž při provozu bezpilotního prostředku se jeho pilot vůči zemi nepohybuje. Za maximální vzletovou hmotnost bezpilotního prostředku se považuje hmotnost bezpilotního prostředku, včetně vybavení, paliva, provozních náplní a případného nákladu před zahájením vzletu. Za bezpilotní systém se považuje systém skládající se z bezpilotního prostředku, řídicí stanice a jakéhokoli dalšího prvku nezbytného k umožnění letu, jako například komunikačního spojení nebo prvku pro vypuštění a návrat. Bzpilotních prostředků, řídicích stanic nebo prvků pro vypuštění a návrat může být v rámci bezpilotního systému více. Za bezpilotní systémy jsou považovány i modely letadel, včetně vybavení nezbytného k jejich provozu.

Uvedené opatření Ministerstva dopravy se opírá o „Nařízení Evropského parlamentu a Rady EU č. 216/2008 o společných pravidlech v oblasti civilního letectví“. Je třeba podotknout, že toto nařízení řeší pouze bezpilotní prostředky o maximální schválené vzletové hmotnosti větší než 150 kilogramů.

A právě z výše uvedeného důvodu vydává Ministerstvo dopravy – odbor civilního letectví, po dohodě s Úřadem pro civilní letectví následující bezpečnostní opatření, které stanoví základní provozní omezení pro bezpilotní systémy, včetně modelů letadel, a to do doby uveřejnění vnitrostátního předpisu upravujícího předmětnou oblast. Autoři tohoto opatření však nestanovili žádnou minimální hmotnost, která by byla považována

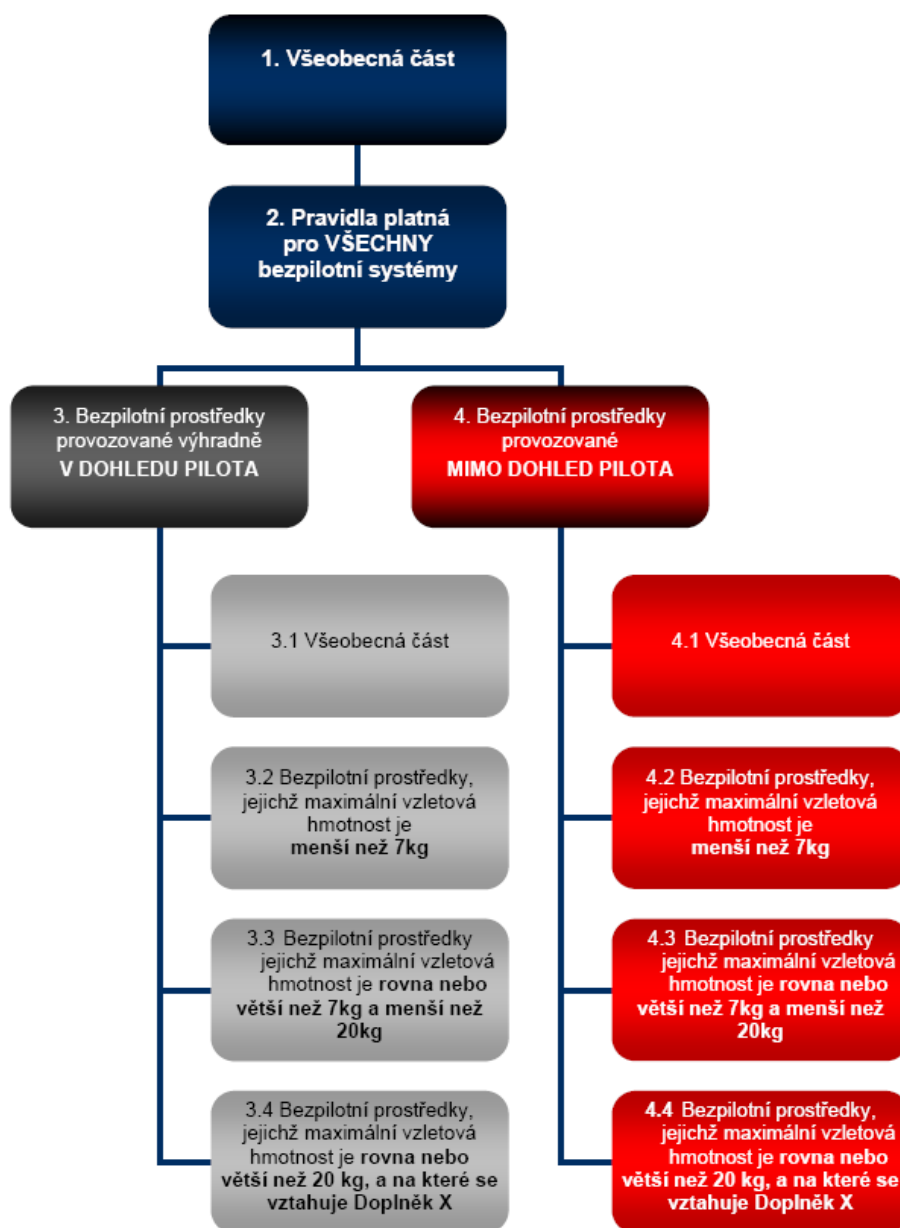
za hraniční při uplatňování takového nařízení. Jeden příklad za všechny: Jestliže si pořídíme malou RC helikoptéru, která se dnes prodává téměř na každém rohu, a chtěli bychom si s ní jen tak pro radost zalétat na zahradě svého domu, který by se náhodou nacházel v CTR letišť, museli bychom zažádat o povolení dané stanoviště řízení letového provozu. Dále ministerstvo zcela pochopitelně nařizovalo, že modeláři nesmí létat v blízkosti letišť, nadzemních komunikačních sítí a podobně. Mimo to se ale modely nad 7 kilogramů podle opatření nesmí za letu přiblížit k jakékoliv osobě, prostředku nebo stavbě, které nejsou součástí předmětného provozu, na horizontální vzdálenost menší než 100 m. To by výrazně omezilo a možná i ukončilo modelářské akce, hranici 7 kilogramů dnes přesahuje přibližně 80 procent modelů.

Určitě není nutné se zmiňovat, kolik negativních reakcí tento dokument, AIC C 13/08, vyvolal a kolik zainteresovaných lidí se účastnilo bouřlivých diskuzí na internetových fórech. Možná i to byl jeden z důvodů, proč bylo týden před uvedením tohoto dokumentu v platnost rozhodnuto o jeho odložení.

Nedlouho na to byl však vydán tzv. Doplněk X v leteckém předpise L2, který má, stejně jako předchozí dokument, jasná pravidla pro používání a zacházení s bezpilotními systémy.

3.1 Doplněk X

Ustanovení tohoto doplňku vejdou v platnost dne 1. června 2010 a v jejich rámci budou za bezpilotní systémy považovány i modely letadel. Struktura Doplněku X je graficky znázorněna na obrázku 3.1 níže. Všeobecná část 1, která pokrývá účinnost a rozsah působnosti je následována částí 2, obsahující základní společná pravidla a požadavky. Za touto částí dochází k první zásadní kategorizaci bezpilotních prostředků, a to na prostředky provozované výhradně v dohledu pilota (část 3) a mimo dohled pilota (část 4). Tyto dvě části obecně obsahují pro konkrétní kategorii další pravidla a požadavky, které musí být při provozu v dané kategorii splněny dodatečně ke společným pravidlům a požadavkům v části 2. [3]



Obr. 3.1 Struktura Doplněku X

Nadále bude platit, jak už je zmíněno výše, že za velitele letadla se považuje pilot bezpilotního systému, přičemž při provozu bezpilotního prostředku se jeho pilot vůči zemi nepohybuje. Za maximální vzletovou hmotnost bezpilotního prostředku se bude považovat:

- a) maximální hmotnost bezpilotního prostředku schválená v rámci povolení létání vydaného ÚCL, pokud bude toto povolení vydáno, nebo
- b) hmotnost bezpilotního prostředku včetně vybavení, provozních náplní, paliva a případného nákladu před zahájením vzletu.

Dokument také bezpilotní prostředky dělí dle druhu provozu na prostředky provozované výhradně v dohledu pilota a mimo dohled pilota. Podle způsobu využití se bezpilotní prostředky dělí na prostředky určené k:

- a) k rekreačním a sportovním účelům,
- b) k leteckým pracím,
- c) k leteckým činnostem pro vlastní potřebu,
- d) k experimentálním a výzkumným účelům. [2]

3.2 Obecná pravidla pro bezpilotní systémy

Každý vlastník, provozovatel nebo pilot bezpilotního systému musí na žádost Úřadu pro civilní letectví:

- a) předložit úřadu nebo pověřené osobě uspokojivý doklad o tom, že bezpilotní systém, jeho provoz i pilot splňují ustanovení tohoto doplňku,
- b) umožnit úřadu provedení kontroly bezpilotního systému k rozhodnutí o použitelnosti požadavků tohoto doplňku.

Bezpilotní systém se smí používat pouze k účelu, ke kterému byl konstruován a vyroben, případně, k němuž byl schválen úřadem. Naopak BZP nesmí být použit k přepravě nebezpečných látek nebo zařízení, která by mohla způsobit obecné ohrožení, taktéž ke shazování předmětů za letu. Ve výjimečných případech může tuto činnost na základě odůvodněné žádosti povolit ÚCL. Ovšem touto činností nesmí být nikterak ohrožena bezpečnost ostatního letového provozu, ani zdraví osob a majetek nacházející se na zemi.

S výjimkou kdy tak povolí Úřad na základě předchozího souhlasu příslušného správního orgánu či oprávněné osoby, se lety bezpilotního prostředku nesmí provádět v ochranných pásmech, zejména pak v ochranných pásmech:

- a) podél nadzemních dopravních staveb,
- b) podél tras nadzemních inženýrských sítí,
- c) podél tras nadzemních telekomunikačních sítí,
- d) v okolí vodních zdrojů,
- e) podél hranic zvláště chráněných území,
- f) v okolí nemovitých kulturních památek, památkových rezervací, apod.,
- g) v blízkosti přírodních léčivých zdrojů a zdrojů nerostného bohatství.

Dále se nesmí provádět lety BZP v horizontální vzdálenosti menší než 5 500 m od vztažného bodu letiště a v řízeném vzdušném prostoru. S výjimkou kdy tak povolí provozovatel letiště nebo dané stanoviště řízení letového provozu. Pilot BZP musí trvale sledovat okolí a okolní letový provoz, kterému musí dávat přednost a vyhýbat se mu. Let smí být prováděn jen, když dohlednost a hustota ostatního letového provozu umožňují pilotovi zabraňovat srážkám za letu. Pokud by nastala situace a pilot by měl pochybnosti o bezpečném dokončení letu nebo za okolností, které by mohly vést k ohrožení ostatního letového provozu, osob a majetku na zemi, musí let BZP v nejkratší době bezpečně dokončit. Tento doplněk stanoví, že majitel bezpilotního prostředku je odpovědný nejen za zachování jeho letové způsobilosti, ale i provozní způsobilosti bezpilotního systému. [2]

V následujících kapitolách jsou shrnuta pravidla pro BZP provozované výhradně v dohledu pilota a BZP provozované mimo dohled pilota. Obě tyto kategorie Doplněk X dále rozděluje na:

- a) BZP, jejichž maximální vzletová hmotnost nepřevyšuje 7 kg,
- b) BZP, jejichž maximální vzletová hmotnost je rovna nebo větší než 7 kg a menší než 20 kg,
- c) BZP, jejichž maximální vzletová hmotnost je rovna nebo větší než 20 kg.

3.3 Pravidla pro BZP provozované v dohledu pilota

S výjimkou kdy Úřad povolí jinak, Lety BZP nesmí být prováděny ve výšce větší než 100 m nad zemí, pokud nestanoví ÚCL výjimku. Taktéž je zakázáno létat v zakázaných, omezených, nebezpečných, rezervovaných a vyhrazených prostorech. I zde je možnost požádat o výjimku výše uvedený úřad. V takovém případě žadatel o využití vzdušného prostoru postupuje v souladu s postupy uvedenými v Letecké informační příručce ČR, části ENR 1.1.9. Standardně nesmí být lety bezpilotních prostředků prováděny v noci, protože pilot musí trvale udržovat vizuální kontakt s bezpilotním prostředkem, přičemž prostředek musí zůstat pro pilota viditelný i bez vizuálních pomůcek. Přitom zde platí, že pilot může létat s BZP jen do takové vzdálenosti, která mu umožňuje vyhodnotit případný konfliktní provoz a bezpečně se mu vyhnout. Horizontální vzdálenost nesmí být však větší než 700 m. [2]

BZP s MTOW nepřevyšující 7 kg

Tyto BZP nepodléhají registraci, piloti nemusí mít registraci a zároveň není nutné prokazovat schopnost řídit daný prostředek. Taktéž k provozování BZP není třeba povolení ÚCL a není jim vydáváno osvědčení letové způsobilosti. Letecká veřejná vystoupení těchto prostředků smí být prováděna volně, ale musí být sjednáno pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou jejich provozem. Pojištění se také týká leteckých prací. Přičemž minimální výše pojistné částky, na kterou musí být sjednáno pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem bezpilotního prostředku (limit plnění) činí:

- a) 1 000 000 Kč u bezpilotního prostředku účastnícího se leteckého veřejného vystoupení,
- b) 3 000 000 Kč u bezpilotního prostředku použitého k provozování leteckých prací. [2]

BZP s MTOW rovnou nebo větší 7 kg a menší než 20 kg

Zde již dochází ke změně oproti předchozí kategorii, protože BZP podléhají registraci ÚCL, pokud slouží k leteckým pracím nebo k experimentálním a výzkumným účelům. Úřad může registraci provést na základě doporučení pověřené osoby dle dohodnutých postupů. Taktéž pilot podléhá registraci, pokud provádí výše uvedené činnosti, a zároveň musí prokázat schopnost bezpečného řízení a též požadovaný rozsah teoretických znalostí. K leteckým pracím nebo k experimentálním a výzkumným účelům při použití BZP je třeba povolení ÚCL a prostředky musí být opatřeny registrační značkou na snadno viditelném místě.

Letecká veřejná vystoupení smí být prováděna jen na základě povolení nebo pověřené osoby a jen v souladu s podmínkami stanovenými ÚCL. S výjimkou kdy daný úřad povolí jinak, se bezpilotní prostředek nesmí:

- a) v průběhu vzletu a přistání přiblížit k jakékoliv osobě jiné než jeho pilot na horizontální vzdálenost menší než 50 m,
- b) za letu přiblížit k jakékoliv osobě, prostředku nebo stavbě, které nejsou součástí předmětného provozu, na horizontální vzdálenost menší než 100 m,
- c) za letu přiblížit k jakémukoliv hustě osídlenému prostoru na horizontální vzdálenost menší než 150 m.

Také v této kategorii je nutné mít sjednáno pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou jejich provozem. Avšak minimální výše pojistné částky, na kterou musí být sjednáno pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem BZP je jiná, a to:

- a) 3 000 000 Kč u bezpilotního prostředku účastnícího se leteckého veřejného vystoupení,
- b) 5 000 000 Kč u bezpilotního prostředku použitého k provozování leteckých prací nebo k letům pro experimentální a výzkumné účely. [2]

BZP s MTOW rovnou nebo větší než 20 kg

U těchto BZP platí naprosto stejná pravidla jako u předchozí kategorie, co se týče registrací, povolení, registrační značky a vzdáleností. Významným rozdílem je však nutný dozor ÚCL (případně pověřená osobou) při projektování, stavbě a počátečních letových zkouškách prostředku. Další věc, která je zde povinná, je tzv. systém ukončení letu, který při poruše řídicího systému, včetně datového spoje pro řízení letu, tento let okamžitě ukončí, a který omezí možnost zranění osob nebo poškození majetku na zemi. Před zahájením letu se musí pilot ujistit, že je systém ukončení letu provozuschopný.

„Pro provozování bezpilotních prostředků musí být v souladu s přímo použitelným předpisem Evropských společenství, tedy s nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 785/2004 ze dne 21. dubna 2004, o požadavcích na pojištění u leteckých dopravců a provozovatelů letadel, sjednáno pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou jejich provozem.“ [2]

3.4 Pravidla pro BZP provozované mimo dohled pilota

Za let bezpilotního prostředku mimo dohled pilota se považuje let, při kterém pilot nemá trvale vizuální kontakt s bezpilotním prostředkem, případně při kterém jsou překročena omezení platná pro bezpilotní prostředky provozované výhradně v dohledu pilota. Provoz BZP mimo dohled pilota je možný pouze v rezervovaných nebo vyhrazených vzdušných prostorech, pokud ÚCL neudělí výjimku. Žadatel o využití takového vzdušného prostoru postupuje v souladu s postupy uvedenými v Letecké informační příručce ČR, části ENR 1.1.9. Provoz bezpilotních prostředků mimo rezervované a vyhrazené vzdušné prostory se řídí leteckými předpisy platnými v ČR. [2]

Pro provozování bezpilotních prostředků v rámci leteckého veřejného vystoupení a v rámci leteckých prací musí být sjednáno pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou jejich provozem. Minimální výše pojistné částky, na kterou musí být sjednáno pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem bezpilotního prostředku (limit plnění) činí:

Kategorie	Letecké veřejné vystoupení	Letecké práce Výzkumné lety
BZP s MTOW 0-6,9 kg	1 000 000 Kč	3 000 000 Kč
BZP s MTOW 7-20 kg	3 000 000 Kč	5 000 000 Kč

Tab. 3.1 Limity plnění

BZP s MTOW rovnou nebo větší než 20 kg a na které se vztahuje tento doplněk

„Pro provozování bezpilotních prostředků musí být v souladu s přímo použitelným předpisem Evropských společenství, tedy s nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 785/2004 ze dne 21. dubna 2004, o požadavcích na pojištění u leteckých dopravců a provozovatelů letadel, sjednáno pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou jejich provozem.“ [2]

4 NÁVRH TELEMETRICKÉHO KANÁLU

Cílem diplomové práce bylo vytvořit návrh telemetrického kanálu pro využití na bezpilotním prostředku. Dílčím cílem bylo takovýto návrh realizovat z dostupných finančních zdrojů, jež byly poskytnuty Ústavem letecké dopravy Fakulty strojní na Vysoké škole báňské – Technické univerzitě v Ostravě. Níže jsou uvedeny navrhované projekty, z nichž jsem vybral ten, který mi svým poměrem ceny a získaných dat připadal jako nejvhodnější.

4.1 Navrhované projekty

1. Fotoaparát (kamera) s přenosem obrazu v reálném čase
2. Desková kamera
3. Pro Wireless Telemetry System – Telemetrický systém Pro

4.2 Charakteristika vybraného projektu

K realizaci byl vybrán první z uvedených projektů, jenž předpokládá přenos dat z fotoaparátu, případně kamery, v reálném čase. Jedná se o návrh telemetrického kanálu pro využití na bezpilotním prostředku. Do budoucna je možno takovýto telemetrický systém nainstalovaný do bezpilotního prostředku využít pro účely sledování a monitorování prostředí a pořizování leteckých fotografií. Ostatní navrhované projekty jsou zmíněny alespoň teoreticky.

Pro uskutečnění tohoto záměru bylo potřeba vybrat, nakoupit, případně vyrobit a zapojit nejrůznější komponenty, které by přenos dat v reálném čase umožnily.

Postupoval jsem následovně:

- Výběr vhodného fotoaparátu a SD karty s pořizovací cenou do 7 000,- Kč
- Zakoupení vhodné sady vysílače a přijímače videosignálu ve vysílacím pásmu 2,4 GHz
- Výběr zařízení pro propojení video přijímače s jakýmkoli notebookem

- Zajištění softwaru pro sledování a editaci obrazu
- Zajištění napájení potřebných komponent bateriemi a jejich následné nabíjení
- Výběr způsobu ovládání fotoaparátu ze země

4.2.1 Výběr fotoaparátu

Při výběru vhodného fotoaparátu, který bude použit do bezpilotního prostředku, jsem se omezil na kompaktní digitální fotoaparáty a stanovil si následující základní kritéria:

- minimálně 10násobný optický zoom
- obrazový snímač s efektivním rozlišením min. 10 Mpx
- A/V výstup
- CINCH A/V kabel (konektor RCA)
- maximální váha 250 g
- maximální cena přístroje 7000,- Kč, včetně paměťové karty 8GB

Po aplikaci těchto kritérií jsem předběžně vybral následující čtyři typy přístrojů:

- Samsung EC WB600
- Panasonic DMC – TZ6
- Nikon Coolpix S8000
- Canon PowerShot SX200 IS

Samsung EC WB600

Fotoaparát, který zaujme ultra širokoúhlým objektivem s 15násobným optickým zoomem, rozlišením 12 Mpx a možností nahrávání HD videa v rozlišení 1280×720, se jevil jako výborná volba, avšak dodávaný A/V kabel má pouze mini USB konektor, který nelze použít k propojení s video vysílačem. Cinchový A/V kabel se k tomuto typu nevyrábí a není tedy k sehnání. Proto jsem od tohoto fotoaparátu ustoupil.

Panasonic DMC – TZ6

Největší předností Panasonicu TZ6 je jeho vynikající objektiv Leica s 12násobným optickým přiblížením a optický stabilizátor. Fotografie snímá CCD čip o rozlišení 10,3 Mpx. Inteligentní „Auto režim“, který je chloubou tohoto fotoaparátu, automaticky zvolí nejvhodnější scénický režim a pomáhá s korekcí chvění rukou, ostřením a

správným nastavením jasu. Je tedy dokonalým řešením pro zaznamenání kvalitních fotografií. Velkým plusem je také cena přístroje - 5490,- Kč. V balení se standardně nachází pro nás potřebný A/V kabel s RCA konektory, ale bohužel i zde se vyskytl technický problém, který nebylo možno vyřešit. Šlo o situaci, kdy fotoaparát přenášel videosignál pouze v módu „Zobrazení snímků“, ale v módu „Focení“ k přenosu nedocházelo. Proto ani tento fotoaparát nebyl nakonec vybrán jako vhodný.

Nikon Coolpix S8000

Jedná se o další fotoaparát, který splňoval stanovená kritéria, ačkoli základní cena přístroje dosahovala téměř limitu 7000,- Kč. Do této ceny navíc nebyla zaúčtována SD karta, jejíž pořizovací cena se pohybuje okolo 500,- Kč. Nicméně stojí za povšimnutí jeho technické parametry. Jedná se o nejtenčí širokoúhlý fotoaparát s 10násobným optickým přiblížením, 14Mpx rozlišením a především velmi nízkou hmotností, pouhých 183g, včetně baterie a paměťové karty. Ačkoli přenos obrazu pomocí A/V kabelu fungoval správně a bez problému, nakonec jsem i tento fotoaparát označil za nevhodný, především kvůli vyšší pořizovací ceně a příliš křehké konstrukci.

Canon PowerShot SX200 IS

Posledním vhodným „kandidátem“ byl fotoaparát značky Canon, který má rozlišení 12,1 Mpx, 12násobný optický zoom a zvládá video ve vysokém rozlišení 720p (30 snímků za sekundu), tak jak tomu bylo u fotoaparátu Samsung. Dále disponuje optickým stabilizátorem obrazu a přenos videosignálu přes A/V kabel pracuje bez problému. Cena přístroje včetně paměťové karty činila 6490,- Kč, což splnilo finanční limit, který jsem stanovil pro nákup fotoaparátu. Detailnější informace o přístroji budou probrány v následujících odstavcích.

4.2.2 Potřeby pro přenos obrazu v reálném čase

Fotoaparát Canon PowerShot SX200 IS

Jak již bylo uvedeno výše, byl vybrán fotoaparát Canon PowerShot SX200 IS s 12,1 Mpx rozlišením, širokoúhlým objektivem (28 mm), 12násobným optickým zoomem a obrazovým procesorem Canon DIGIC 4 zajišťujícím mimořádně rychlé a kvalitní zpracování obrazu. Prvotřídní výsledky zařídí nový inteligentní režim „Smart Auto“ a vylepšený režim snadného snímání „Easy“. Oba tyto režimy s pomocí technologie

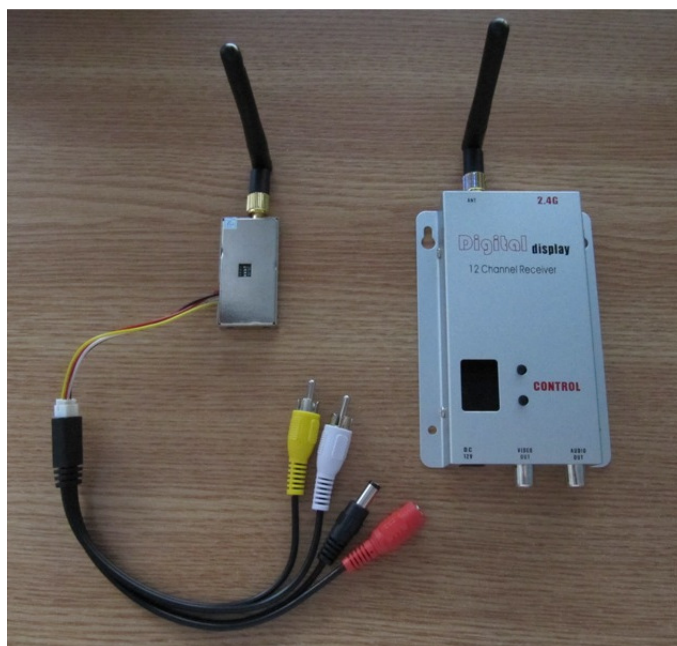
detekce scény provádějí podrobnou analýzu snímané scény, kdy kontrolují jas objektu, kontrast, vzdálenost a celkové zabarvení, a na základě těchto údajů vyberou pro danou scénu optimální nastavení. Maximální rozlišení snímků v grafickém formátu JPEG je 4000×3000 pixelů, což je kvalita pro tisk fotografií formátu A2. Veškerá data mohou být ukládána na paměťové karty SD/SDHC, MMC a MMCplus/HC MMCplus. Osobně jsem zvolil kartu SDHC o velikosti 8GB. Jako zdroj energie slouží dobíjitelná Li-ion baterie NB-5L, 3,7 V/1120 mAh, jejíž výdrž je přibližně 280 snímků a nabíjení je zajištěno nabíječkou, která je v základním balení fotoaparátu. Důležitá je také hmotnost 245g, a možnost zrušit nastavení automatického vypnutí fotoaparátu při jeho nečinnosti.



Obr. 4.1 Obsah balení

Vysílač a přijímač videosignálu

System přijímače a miniaturního vysílače s dostatečným výkonem pro spolehlivý nerušený přenos barevného PAL kompozitního videosignálu na relativně velké vzdálenosti pracuje ve vysílacím pásmu 2,4 GHz. U tohoto setu jsou k dispozici 4 kanály, přičemž konkrétní kanál lze na vysílači nastavit pomocí tzv. switchů. Abychom zajistili správný přenos obrazu, je nutno na přijímači nastavit stejný kanál. Kompozitní videosignál z fotoaparátu je k vysílači přiváděn pomocí žlutého CINCH konektoru, audio pomocí bílého. Pro napájení vysílače je vyveden standardní napájecí konektor a vysílač je napájen 12V. Celý vysílač je konstruován tak, aby rozměry byly co nejmenší, obsahuje tedy pouze nezbytné stínění a chlazení bez zbytečně těžké a rozměrné krabičky. Výkon, rozměry a hmotnost byly rozhodujícími faktory při výběru tohoto modulu pro navrhovaný telemetrický kanál.



Obr. 4.2 Vysílač a přijímač video a audio signálu

Pro příjem signálu slouží přijímací modul se stejnou prutovou anténou, jakou má vysílač. Přijímač je taktéž napájen 12V a je osazen dvěma CINCH konektory pro výstup přijatého PAL a zvukového signálu. Dosah systému je závislý na terénu, ve kterém je provozován. Na přímou viditelnost činí přibližně 1 km, ovšem pochopitelně za předpokladu absence rušení v daném rádiovém pásmu v lokalitě přenosu, zejména pak v blízkosti přijímače. Pro zvýšení dosahu je doporučeno použít panelovou anténu o zisku 13 dBi.

Vysílač	
Rozměry	50 x 26 x 8 mm
Napájení	12V / 450mA
Vysílací výkon	1000 mW
Hmotnost	26 g

Tab. 4.1 Vysílač

Přijímač	
Rozměry	140 x 80 x 22 mm
Napájení	12V / 200mA
Dosah	1 km

Tab. 4.2 Přijímač

USB karta pro digitalizaci obrazu

Jedná se o kompaktní zařízení pro sběrnici USB umožňující digitalizaci analogového videosignálu PAL nebo NTSC. Převod probíhá v plném rozlišení dané normy PAL (720×576, 25 snímků za sekundu). Pro připojení zdroje obrazového a zvukového signálu jsou k dispozici tři konektory CINCH, jeden pro kompozitní videosignál, dva pro stereo audio a dále jeden konektor HOSIDEN pro S-VIDEO signál. Pro současné zpracování videa a zvuku není tedy vůbec zapotřebí samostatné zvukové karty.



Obr. 4.3 USB karta pro digitalizaci

USB klíč poskytuje nejrychlejší a nejjednodušší cestu k proměně počítače v monitor, rekordér a snímač statických i pohyblivých snímků z libovolného zdroje analogového videosignálu. Výhodou použití USB je možnost instalovat systém i na notebooky, kde by instalace podobného zařízení do sběrnice PCI nebyla možná. Okamžitě po zasunutí klíče do USB je možno sledovat obraz z elektronického mikroskopu, bezpečnostní kamery nebo v našem případě fotoaparátu, který bude umístěn v bezpilotním prostředku Ústavu letecké dopravy VŠB - TUO.

Zobrazovací zařízení

Tímto zařízením je myšlen klasický notebook, který má alespoň jeden USB 2.0 vstup, ke kterému bude připojena již zmiňovaná karta pro digitalizaci. Napájení samotného notebooku bude zajištěno vlastním akumulátorem. V dnešní době takovéto baterie vydrží až devět hodin, proto by v tomto ohledu neměl nastat problém.

Software

Sledování a editace obrazu, který bude přenášen v reálném čase, je zajištěno plnou verzí programu Ulead VideoStudio SE 10, který je součástí celého návrhu. Kdykoli je možno stiskem tlačítka spustit nahrávání videosekvence nebo vytvořit snímek z aktuálního videosignálu. Parametry obrazu při zobrazování a nahrávání se dají jednoduše upravovat, je možné měnit jas, kontrast, barvu a sytost.

Napájení

Jak už bylo zmíněno, fotoaparát a notebook budou používat jako zdroj energie své vlastní integrované baterie. Bylo tedy nutné vyřešit napájení vysílače a přijímače videosignálu. Pro oba tyto prvky je zapotřebí napětí 12V. Pro vysílač jsem zvolil Li-Pol RAY baterie, s kapacitou 1100 mAh a napětím 11,1 V, což je pro vysílač ideální. Baterie je opatřena silikonovými nabíjecími kabely s konektory Tamiya. Servisní konektor je standardního typu systému PolyQuest, který je shodný se sadami RAY, SharkPower, PolyQuest, nebo E-Tech.

Napájení přijímače je zajištěno z autozásuvky, která taktéž zajišťuje potřebných 12V. Je předpokládáno, že kdykoli a kdekoli se bude létat s bezpilotním prostředkem, bude v dosahu také automobil, který bude zároveň sloužit jako transportní vozidlo. Do budoucna lze pro napájení přijímače zakoupit baterii Li-Pol RAY 480 mAh/11.1V za 350,- Kč.

Nabíjení akumulátorů

Nabíjení akumulátorů je zajištěno nabíječkou Raytronic C12. Nabízí vyšší výkon při nabíjení, vyšší bezpečnost při nabíjení lithiových akumulátorů díky vestavěnému balanceru a samozřejmě mnohem více informací o průběhu nabíjení a chování akumulátoru.



Obr. 4.4 Obsah balení nabíječky Raytronic C12

Raytronic C12 nabízí na dvouřádkovém displeji informace o vstupním (napájecím) i výstupním napětí nabíječe, nabíjecím proudu, nabitém náboji (kapacitě), maximálním a minimálním napětí dosaženém během nabíjení a samozřejmě také hodnoty napětí jednotlivých článků lithiových akumulátorů.

Nabíječ obsahuje síťový zdroj pro napájení ze sítě 230V/50 Hz a nespornou výhodou je také možnost napájení z olověného akumulátoru 12V (autobaterie nebo trakční olověný akumulátor). Další výhodou tohoto přístroje je možnost nabíjet všechny nejpoužívanější typy článků, jakou jsou Ni-Cd, Ni-MH, Li-Pol, Li-Ion a Li-Fe. Veškeré důležité informace lze vyčíst z manuálu, který je součástí balení. Doporučuji všem jeho pečlivé prostudování před zahájením používání nabíječky, aby se předešlo znehodnocení akumulátorů, případně poškození samotného přístroje.

Ovládání fotoaparátu

Ovládání fotoaparátu, konkrétně jeho spouště, bude zajištěno pomocí serva HD 1550A, které bude řízeno RC soupravou Hitec Optic 6 Sport. Pro obsluhu fotoaparátu byl vyčleněn pouze jeden kanál, a to proto, že zbývající kanály jsou využity pro řízení letounu. Nabízí se otázka, proč není použita vícekanálová RC souprava. Odpověď je však nasnadě. Nákupem tohoto zařízení by byl překročen povolený finanční limit. Nicméně do budoucna bych navrhoval zakoupení RC soupravy pro samotné ovládání fotoaparátu, která by měla být minimálně čtyř kanálová. Zajišťovala by ovládání

spouště, zoomu, pohyb konstrukce, na níž by byl upevněn fotoaparát a přepínání obrazu mezi fotoaparátem a deskovou kamerou (možnost jejího využití bude probrána v další podkapitole).

Finanční náklady

Náklady na realizaci projektu a rozpis hmotností veškerých součástí, které jsou umístěny v letounu, jsou podrobně rozepsány v níže uvedených tabulkách.

Položka	Cena [Kč]
Fotoaparát Canon	6490
Pam. karta SDHC 8GB	0
Vysílač a přijímač obrazu	3960
USB karta pro digitalizaci	600
Baterie Li-Pol RAY	489
Nabíječ Raytronic C 12	1520
Servo HD 1550A	129
Napájecí kabel	16
2x konektor Tamiya	58
Konektor banánek	30
Hliníkový profil	79
Podložky	59
Šrouby	14
Matice	20
Cena celkem	13 464 Kč

Tab. 4.3 Náklady na projekt I

Položka	Hmotnost [g]
Fotoaparát Canon	243
Pam. karta SDHC 8GB	2
Video vysílač obrazu	24
Anténa	10
Baterie Li-Pol RAY	94
Servo HD 1550A	6
Kabely	77
Hmotnost celkem	456 g

Tab. 4.4 Hmotnost prvků v letounu

4.3 Popis ostatních navrhovaných projektů

Všechny následující návrhy jsou zpracovány pouze teoreticky s výhledem praktické realizace v budoucnu, jakmile budou k dispozici další finanční prostředky.

4.3.1 Desková kamera

Druhým návrhem je využití deskové kamery pro lepší přehled a zajištění obrazu z horní části trupu. Toto zařízení by ocenil hlavně pilot-operátor, který by tak mohl zjistit přesnou polohu svého letounu a pomohl k jeho přesnější pilotáži. I zde by přenos videosignálu do zobrazovacího zařízení zajišťoval set popsáný již v předchozí podkapitole. Pokud by bylo potřeba sledovat obraz v reálném čase z fotoaparátu Canon, nebo z této malé deskové kamery, je nutno upravit video vysílač pomocí relé, které umožní přepínání mezi požadovanými vstupy videosignálu. Pro sledování obrazu z obou přístrojů současně nám nezbyvá nic jiného, než zakoupit další video vysílač a přijímač.



Obr. 4.7 Prostor pro umístění deskové kamery

Na českém i zahraničním trhu existuje velké množství kamer, které lze použít pro tyto účely a jejich cena se pohybuje okolo 3000,- Kč. Jednou z nich je desková kamera MTV-54K0P od výrobce MINTRON, která je běžně k dostání v České republice. Je vybavena snímacím systémem PAL o 625 řádcích (50 pulsů za sekundu) a volitelným objektivem od 2.5 mm do 16 mm. K napájení je zapotřebí 12V/150 mA,

přičemž přednost bych dal opět bateriím typu Li-Pol před bateriovým držákem (kostrou) pro 8 nebo 10 baterií typu AA. Volil bych konkrétně baterii Li-Pol GOLD RAY 480mAh/11.1V 3S1P, jejíž cena je 350,- Kč a je možné ji nabíjet již ze zakoupené nabíječky Raytronic C12. Na závěr je nutné se zmínit o velmi malých rozměrech kamery, 32 × 32 × 20 mm, a hmotnosti, která činí pouhých 35 g.



Obr. 4.8 Kamera MTV-54K0P

Celkové náklady na tento návrh jsou složeny z ceny kamery, baterie, relé pro úpravu video vysílače a případných kabelů a konektorů k propojení s video vysílačem.

Položka	Cena [Kč]
Desková kamera	3000
Baterie Li-Pol 480mAh	350
Relé	40
Kabely, konektory	50
Cena celkem	3440 Kč

Tab. 4.5 Náklady na projekt II

Položka	Hmotnost [g]
Desková kamera	35
Baterie Li-Pol 480mAh	60
Relé	5
Kabely, konektory	30
Hmotnost celkem	130 g

Tab. 4.6 Rozpis hmotností

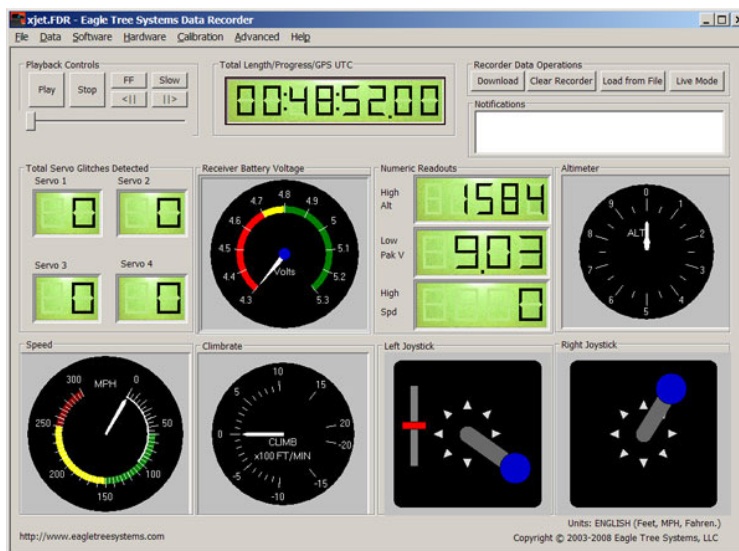
4.3.2 Pro Wireless Telemetry System – Telemetrický systém Pro

Dalším návrhem je telemetrický systém od společnosti Eagle Tree Systems, jenž je celý navržen tak, aby zapisoval a následně v reálném čase přenášel data a údaje, které získá z vestavěných a přídavných senzorů. Veškerý přenos probíhá ve vysílacím pásmu 2,4 GHz nebo 433 MHz, záleží na výběru frekvence při koupi.

Tento telemetrický systém obsahuje 3 hlavní prvky:

- Seagull Dashboard Telemetry Receiver (přijímač telemetrického systému)

Tato jednotka zobrazuje telemetrická data a vydává varovná hlášení v případě výskytu problému. Přijímač je obvykle umístěn na anténě vysílače RC soupravy, kterou je model řízen. Přijímá a zpracovává signály z miniaturního vysílače, který je umístěn v modelu. Napájení je zajištěno klasickou 9V baterií. Přijímač je rovněž možné v terénu připojit prostřednictvím vestavěného USB konektoru k notebooku, na kterém je možno pomocí dodávaného softwaru Virtual Dashboard zobrazovat a zaznamenávat data v reálném čase, nebo po ukončení letu. Uživatel si rovněž může vybrat, které parametry chce zobrazit, a to jak v numerickém, tak i přístrojovém formátu.



Obr. 4.9 Prostředí softwaru Virtual Dashboard

- Onboard Pro Data Recorder (palubní záznamník údajů)

Jednotka, která zaznamenává veškerá data z vestavěných nebo přídavných senzorů do permanentní paměti a uchovává je i po odpojení od zdroje napájení. Velkou výhodou je, že tento záznamník nepotřebuje své vlastní napájení, protože jako zdroj používá baterii z přijímače RC soupravy. Nutno zmínit, že se jedná opravdu o minimální spotřebu, a to 35 mA.

- Onboard Telemetry Transmitter (palubní vysílač telemetrie)

Po připojení k palubnímu záznamníku zajišťuje přenos dat do přijímače.

Standardní obsah balení:

- přijímač bezdrátové telemetrie
- zapisovač dat
- palubní vysílač telemetrie
- prvky pro měření rychlostí: soustružené mosazné a aluminiové pitot-statické trubice, silikonová trubice o malém průměru, plastická spojka tvaru T
- teplotní senzor
- senzor otáček s magnety
- 4 servo kabely tvaru Y
- USB kabel k propojení přijímače s počítačem
- plastický klip pro připevnění přijímače k rádiu
- CD-ROM se softwarem



Obr. 4.10 Obsah balení telemetrického systému Pro

Pomocí vestavěných senzorů v palubním zapisovači lze zobrazovat na přijímači nebo notebooku následující data a údaje:

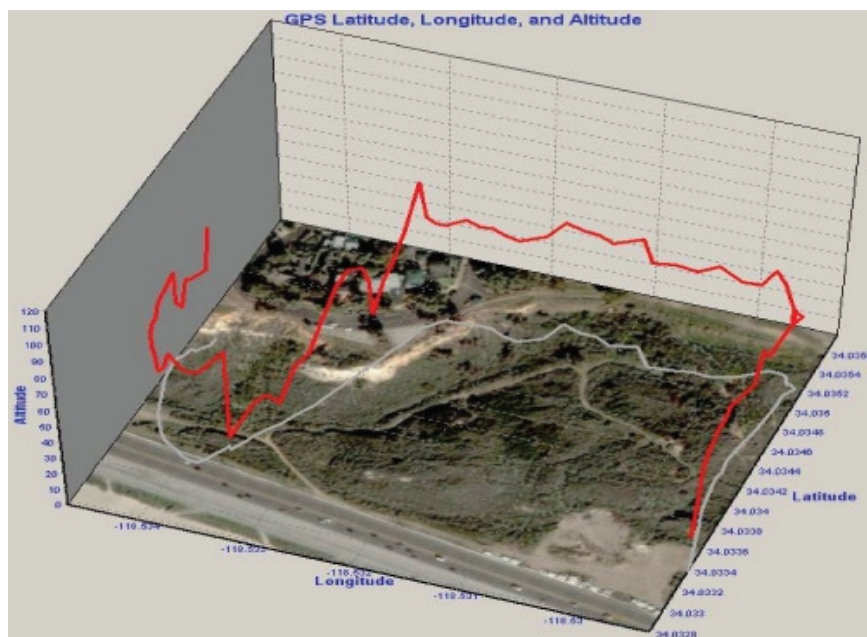
- vzdušná rychlost,
- stoupání / klesání pomocí variometru,
- výška,
- teplota,
- otáčky motoru,
- stav napětí baterie přijímače,
- výchylky 4 serv a upozornění pro jejich případnou poruchu,

- procento přenesených paketů,
- síla signálu.

K palubnímu zapisovači údajů, jehož hmotnost je 22 g, je možno připojit nespočet přídatných senzorů a komponentů, které firma Eagle Tree vyrábí. Osobně jsem vybral dva konkrétní, a to GPS modul a OSD Pro expandér. Prvně jmenovaný je malý GPS přijímač, jehož připojením k palubnímu zapisovači získáme přesné zeměpisné souřadnice pohybu letounu, rychlost letounu vůči zemi, údaje o výšce ze satelitů, aktuální kurs, vzdálenost od pilota-operátora aj. Jednou z nejzajímavějších věcí je možnost vykreslení trajektorie letu v reálném čase v mapách Google EarthTM. Další možností je vykreslení do 2D nebo 3D map, opět v reálném čase. Zobrazení trajektorií je možné i po ukončení letu, kdy uložená data z palubního zapisovače načteme přes příslušný software do notebooku. Na následujících obrázcích lze vidět uváděné možnosti vykreslení trajektorie letu.

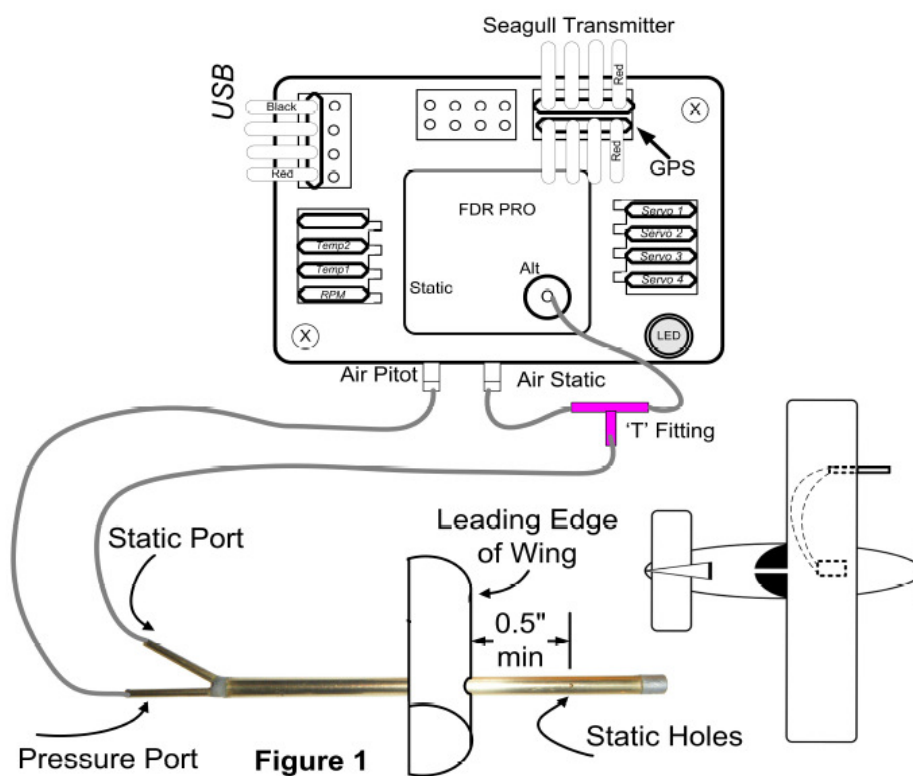


Obr. 4.11 Vykreslení trajektorie letu v mapách Google EarthTM



Obr. 4.12 Vykreslení trajektorie v režimu 3D

Schéma zapojení telemetrickým systému Pro s GPS:



Obr. 4.13 Schéma zapojení telemetrického systému Pro s GPS modulem

Dalším přídatným prvkem je OSD Pro expandér, pomocí kterého lze zobrazit letové údaje letounu na přenášený obraz z fotoaparátu. To, která data budou zobrazena, závisí na použitých senzorech. Například data z GPS (rychlost vůči zemi, výška, směr a vzdálenost od operátora, aktuální kurs letounu), výkonnostní parametry (vzdušná rychlost, tlaková výška, stoupání/klesání, otáčky motoru, výchylky serv, teplota výfukových plynů a přetížení) a parametry baterií.

Pro správné fungování tohoto expandéru je nutné mít k dispozici fotoaparát, příp. kameru, vysílač a přijímač videosignálu, GPS modul, 2 redukční kabely a telemetrický systém Pro (viz výše) nebo eLogger V3, pomocí něhož lze získat stejné zobrazení jako u systému Pro, avšak bez možnosti vykreslení trajektorií letů v mapách. Zapojení OSD expandéru, stejně jako GPS modulu, je velmi snadné. Oba tyto komponenty se zapojují do příslušného konektoru v palubním zapisovači údajů. Po správném zapojení a nastavení může obraz z fotoaparátu, popř. kamery, vypadat například takto:



Obr. 4.14 Příklad OSD zobrazení

Finanční náklady na realizaci tohoto projektu se mohou různit, dle použitých prvků daného systému. Veškeré zařízení lze zakoupit na oficiálních stránkách firmy Eagle Tree System, nebo u jejich dealerů, mezi které patří také česká firma Hořejší Model. Avšak nákup přímo od výrobce bych považoval za finančně výhodnější. V následující tabulce jsou rozepsány finanční náklady na sestavení celého systému pro přenos dat v reálném čase a jejich zobrazení v přenášeném obraze z fotoaparátu, příp. kamery.

Položka	Cena [\$]	Cena [Kč]	Hmotnost [g]
Telemetrický systém Pro	650	12480	43
GPS modul V4	80	1536	12
Cena s GPS	\$730	14016 Kč	55 g
OSD Pro expandér	90	1728	20
2 redukční kabely	20	384	10
Cena celkem	\$840	16 128 Kč	85 g

Tab. 4.7 Náklady na projekt III

V případě použití OSD Pro s využitím eLogger V3 by náklady činily:

Položka	Cena [\$]	Cena [Kč]	Hmotnost [g]
eLogger V 3	90	1728	25
GPS modul V4	80	1536	12
OSD Pro expandér	90	1728	20
2 redukční kabely	20	384	10
Cena celkem	280 \$	5 376 Kč	67 g

Tab. 4.8 Náklady na projekt IV

Pozn. Přepočteno k aktuálnímu kurzu dolaru (1 USD = 19,2 Kč) kde dni 1. 5. 2010.

5 ZÁVĚR

Jak již bylo předesláno v úvodu, je tato diplomová práce rozdělena na dvě základní části, a to teoretickou a vlastní návrh telemetrického kanálu. Účelem teoretické části bylo obeznámit čtenáře s bezpilotními prostředky obecně a přiblížit jejich postavení v moderním letectví. Ačkoliv by se po přečtení mohlo mnohým zdát, že je tato práce z velké části zaměřena na vojenskou oblast využití bezpilotních prostředků, je nutné poznamenat, že to byla především armáda, pro jejíž účely začaly být bezpilotní prostředky ve velké míře vyvíjeny a vyráběny. Dnes plní tyto prostředky důležité úkoly a účastní se mimo jiné i takových misí, v nichž by bylo nasazení pilotovaných letounů velmi rizikové. Také v civilní sféře došlo ke zvýšení frekvence jejich nasazení, a jestliže u nás dojde ke zmírnění legislativních podmínek, které jsou v současnosti do jisté míry překážkou, pak věřím, že bezpilotní prostředky najdou své uplatnění v mnoha dalších oblastech.

Druhá část diplomové práce je koncipována jako projekt, jež se opírá o vytvoření vlastního návrhu telemetrického kanálu, který bude možno využít pro bezpilotní prostředek. Projekt byl realizován za finančního přispění Ústavu letecké dopravy Fakulty strojní na Vysoké škole báňské – Technické univerzitě v Ostravě. Vzhledem k těmto financím bylo nutné vybrat takový projekt, jehož náklady by nepřevyšovaly poskytnutou částku. Ze všech možných návrhů byl tedy vybrán ten, který předpokládá přenos obrazu z fotoaparátu, případně kamery, v reálném čase. Po nakoupení, vyrobení a zapojení všech komponent byl projekt úspěšně odzkoušen a přenos dat fungoval bez problému. Pouze domluvený finanční limit byl překročen přibližně o 964,- Kč. Jedná se však takový systém, který do budoucna počítá s minimálními provozními náklady, konkrétně s nabíjením baterií. Ostatní projekty, které byly navrhovány, avšak pro svou nákladnost nemohly být uskutečněny, jsou v práci zahrnuty alespoň teoreticky.

Seznam použitých zdrojů

- [1] *Armáda si koupí do Afghánistánu bezpilotní letouny za 20 milionů.* [online]. 2009, [cit. 2010-02-26]. Dostupný z WWW: <http://zpravy.idnes.cz/armada-si-koupi-do-afghanistanu-bezpilotni-letouny-za-20-milionu-pwk-/zpr_nato.asp?c=A091002_075957_zpr_nato_inc>.
- [2] *Českomoravská modelářská asociace* [online]. 2010 [cit. 2010-03-10]. Doplněk X, bezpilotní systémy. Dostupné z WWW: <<http://www.cmma.cz/doplnek-x>>.
- [3] Doplnující informace ÚCL k návrhu Doplnku X leteckého předpisu L 2. [online]. 2009, [cit. 2010-04-15]. Dostupný z WWW: <www.volny.cz/pavel.macek/regulace/UCL_soubory/Doplnujici_informace.pdf>.
- [4] GREGOROVÁ, D. *OSEL.cz* [online]. 2010-04-10 [cit. 2010-04-17]. Global Hawk vzlétl za svou vědeckou kariérou. Dostupné z WWW: <<http://www.osel.cz/index.php?clanek=4978>>.
- [5] *History of UAVs* [online]. 2009 [cit. 2010-03-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.uavm.com/uavindustry/historicalbackground.html>>.
- [6] JANOUSEK, P. Historii zbraně začala už první světová válka. *Lidové noviny*. 2009-12-12, s. 2. Dostupný také z WWW: <www.lidovky.cz/historii-zbrane-zacala-uz-prvni-svetova-valka-f4o-/ln_noviny.asp?c=A091212_000026_ln_noviny_sko&klic=234588&mes=091212_0>.
- [7] KAUCKÝ, S. *Optoelektronické prostředky* [online]. [cit. 2010-03-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.vrtulnik.cz/avionic/optoelektro.htm>>.
- [8] KLEMENT, J. *Evropská iniciativa v oblasti BP pro civilní využití* [online]. [cit. 2010-04-07]. Dostupné z WWW: <http://lu.fme.vutbr.cz/cuav/index_soubory/prispevky/Klement.ppt>.
- [9] KROCK, L. *Time Line of UAVs* [online]. 2002 [cit. 2010-03-02]. Dostupné z WWW: <www.pbs.org/wgbh/nova/spiesfly/uavs.html>.
- [10] KULÁK, Z., et al. *Automa* [online]. 2008 [cit. 2010-03-10]. Inerciálně stabilizovaná kamerová základna pro bezpilotní letoun. Dostupné z WWW: <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=37934>.
- [11] *Létající roboti. 21. století.* 2003, s. 5.
- [12] *Letectví.cz* [online]. 2006 [cit. 2010-04-05]. Zdokonalený MQ-5B Hunter. Dostupné z WWW: <<http://www.letectvi.cz/letectvi/Article61365.html>>.

- [13] *Letectví.cz* [online]. 2008 [cit. 2010-03-15]. ScanEagle za 100 000 dolarů. Dostupné z WWW: <<http://www.letectvi.cz/letectvi/Article65521.html>>.
- [14] *Lumpikův blog* [online]. 2009-10-15 [cit. 2010-04-07]. RQ-11 Raven. Dostupné z WWW: <<http://blog.lumpik.eu/technika/rq-11-raven>>.
- [15] MAUKŠ, I. *Inovace.cz* [online]. 2009-06-25 [cit. 2010-04-15]. Vývoj prototypu bezpilotního letounu Marabu na VUT v Brně. Dostupné z WWW: <<http://www.inovace.cz/for-business/veda-vyzkum/clanek/vyvoj-prototypu-bezpilotniho-letounu-marabu-na-vut-v-brne/>>.
- [16] *Nibbio* [online]. 2005 [cit. 2010-05-01]. Dostupné z WWW: <http://www.uvs-international.org/pdfs/brochures/gaav_uav_nibbio.pdf>
- [17] *Perspektivní využití bezpilotních prostředků v ozbrojených silách* [online]. [cit. 2010-04-05]. Dostupné z WWW: <www.old.army.cz/scripts/detail.php?id=1402>.
- [18] *Průzkumné bezpilotní prostředky* [online]. 2004 [cit. 2010-04-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.old.army.cz/scripts/detail.php?id=1389>>.
- [19] *RAVEN RQ-11B taktický bezpilotní prostředek* [online]. 2008 [cit. 2010-05-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.infrared.cz/Produkty/Akvizicni/Ravenrq11b/>>.
- [20] SEDLÁČEK, K. Atraktivní projekty. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2007, 1, [cit. 2010-04-15]. Dostupný z WWW: <www.mmspektrum.com/clanek/atrativni-projekty>.
- [21] *Senzory a prostředky přenosu dat pro bezpilotní prostředky* [online]. [cit. 2010-03-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.old.army.cz/scripts/detail.php?id=1391>>.
- [22] *Sojka III* [online]. [cit. 2010-03-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.acr.army.cz/technika-a-vyzbroj/letecka-technika/bezpilotni-prostredky/sojka-iii-5065/>>.
- [23] *Sojka III Bepilotní průzkumný letoun* [online]. 2004 [cit. 2010-03-15]. Dostupné z WWW: <http://lu.fme.vutbr.cz/cuav/index_soubory/prispevky/kuzdas.pdf>.
- [24] *Technet.cz* [online]. 2009-05-21 [cit. 2010-04-15]. Na podzim vzletne český bezpilotní letoun Marabu. Dostupné z WWW: <http://technet.idnes.cz/na-podzim-vzletne-cesky-bezpilotni-letoun-marabu-f7t-tec-technika.asp?c=A090521_142821_tec-technika_vse>.
- [25] *The Evolution and Application of Mini UAV System* [online]. 2009-10-12 [cit. 2010-05-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.scribd.com/doc/27686341/The-Evolution-and-Application-of-UAV-System>>.

- [26] *Věda a technika* [online]. 2009-07-06 [cit. 2010-03-20]. Bezpilotní průzkumné letouny 1. Dostupné z WWW: <<http://veda-technika.blogspot.com/2009/07/bezpilotni-pruzkumne-letouny-1.html>>.
- [27] VISINGR, L. Bezpilotní vzdušné prostředky. *ATM*. 2006, 10, Dostupný také z WWW: <lvisingr.czweb.org/stazeni/atm/uav.rtf>.
- [28] VÍŠEK, B. *Obrana a strategie* [online]. 2005 [cit. 2010-04-10]. TRENDY VÝVOJE TECHNOLOGIÍ V OBLASTI NETWORK ENABLED CAPABILITY Dostupné z WWW: <<http://www.defenceandstrategy.eu/filemanager/files/file.php?file=6286>>.
- [29] *Vojsko.net* [online]. 2005 [cit. 2010-03-19]. RQ-4 Global Hawk. Dostupné z WWW: <<http://www.vojsko.net/index.php?clanek=letecka/uav/rq4>>.
- [30] *Vzdušný průzkum (6): Průzkumné bezpilotní prostředky* [online]. 2006 [cit. 2010-04-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.army.cz/scripts/detail.php?id=750>>.

Seznam obrázků

- Obr. 1.1 [www.pbs.org/wgbh/nova/spiesfly/uavs_01.html]
- Obr. 1.2 [http://mensalmanac.com/showthread.php?16217]
- Obr. 1.3 [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Radioplane_OQ-2A_USAF.jpg]
- Obr. 1.4 [http://piratenews.org/mf30a.jpg]
- Obr. 1.5 [http://www.draganfly.com/news/]
- Obr. 1.6 [www.delfly.nl]
- Obr. 1.7 [www.army-technology.com/projects/rq111-raven/images/1-rq-11-raven.jpg]
- Obr. 1.8 [http://www.uvs-international.org/pdfs/brochures/gaav_uav_nibbio.pdf]
- Obr. 1.9 [www.nps.edu/Academics/Centers/CAVR/images/vehicles/scaneagle.jpg]
- Obr. 1.10 [www.key.aero/central/images/news/920.jpg]
- Obr. 1.11 [www.flug-revue.rotor.com/FRHEFT/FRHeft06/FRH0607/FR0607g1.JPG]
- Obr. 1.12 [http://lu.fme.vutbr...kuzdas.pdf]
- Obr. 1.13 [http://lu.fme.vutbr...kuzdas.pdf]
- Obr. 1.14 [www.midkiff.cz/obj/INC28717a_inc20090114_002.jpg]
- Obr. 1.15 [http://lu.fme.vutbr.cz/cuav/index_soubory/prispevky/kuzdas.pdf]
- Obr. 1.16 [www.inovace.cz/files/200002609-b06c7b1660/Marabu_2.JPG]
-
- Obr. 2.1 [http://lu.fme.vutbr.cz/cuav/index_soubory/prispevky/kuzdas.pdf]
- Obr. 2.2 [http://lu.fme.vutbr.cz/cuav/index_soubory/prispevky/kuzdas.pdf]
- Obr. 2.3 [http://lu.fme.vutbr.cz/cuav/index_soubory/prispevky/kuzdas.pdf]
- Obr. 2.4 [http://lu.fme.vutbr.cz/cuav/index_soubory/prispevky/kuzdas.pdf]
- Obr. 2.5 [www.armybase.us/wp-content/uploads/2009/05/mq-5b-hunter-uas-uav.jpg]
- Obr. 2.6 [www.as.northropgrumman.com/products/ghrq4b/assets/GH_Brochure.pdf]
- Obr. 2.7 [www.osel.cz/popisek.php?popisek=14429&img=1270885409.jpg]
- Obr. 2.8 [www.nasa.gov/externalflash/Glopac/]
-
- Obr. 3.1 [volny.cz/pavel.macek/regulace/UCL_soubory/Doplňující_informace.pdf]
-
- Obr. 4.1 [www.ifotovideo.cz/photos//2009/canon_powershot_sx200is_5.jpg]
- Obr. 4.2 Vysílač a přijímač video a audio signálu
- Obr. 4.3 [www.stumobil.cz/zarizenihtml/usb_digi.php]
- Obr. 4.4 [www.reichard.cz/eshop/images/C12.jpg]

- Obr. 4.5 Schéma zapojení „letoun“
- Obr. 4.6 Schéma zapojení „zem“
- Obr. 4.7 Prostor pro umístění deskové kamery
- Obr. 4.8 [www.escadtrade.cz/mtv-54k0p-barevna-deskova-kamera-s-vysokym-rozlisenim.html]
- Obr. 4.9 [www.eagletreesystems.com/Plane/7.htm]
- Obr. 4.10 [www.eagletreesystems.com/Pro/4.htm]
- Obr. 4.11 [<http://static.rcgroups.com/forums/attachments/3/8/3/5/a935992-107-flightdata4t.jpg?d=1154531187>]
- Obr. 4.12 [www.eagletreesystems.com/Plane/5.htm]
- Obr. 4.13 [<http://www.eagletreesystems.com/Support/Manuals/Pro,%20Glide,%20Flight%20and%20Boat%20Seagull%20and%20Data%20Recorder%20Instruction%20Manual.pdf>]
- Obr. 4.14 [www.rcmodell.com/shop/images/]

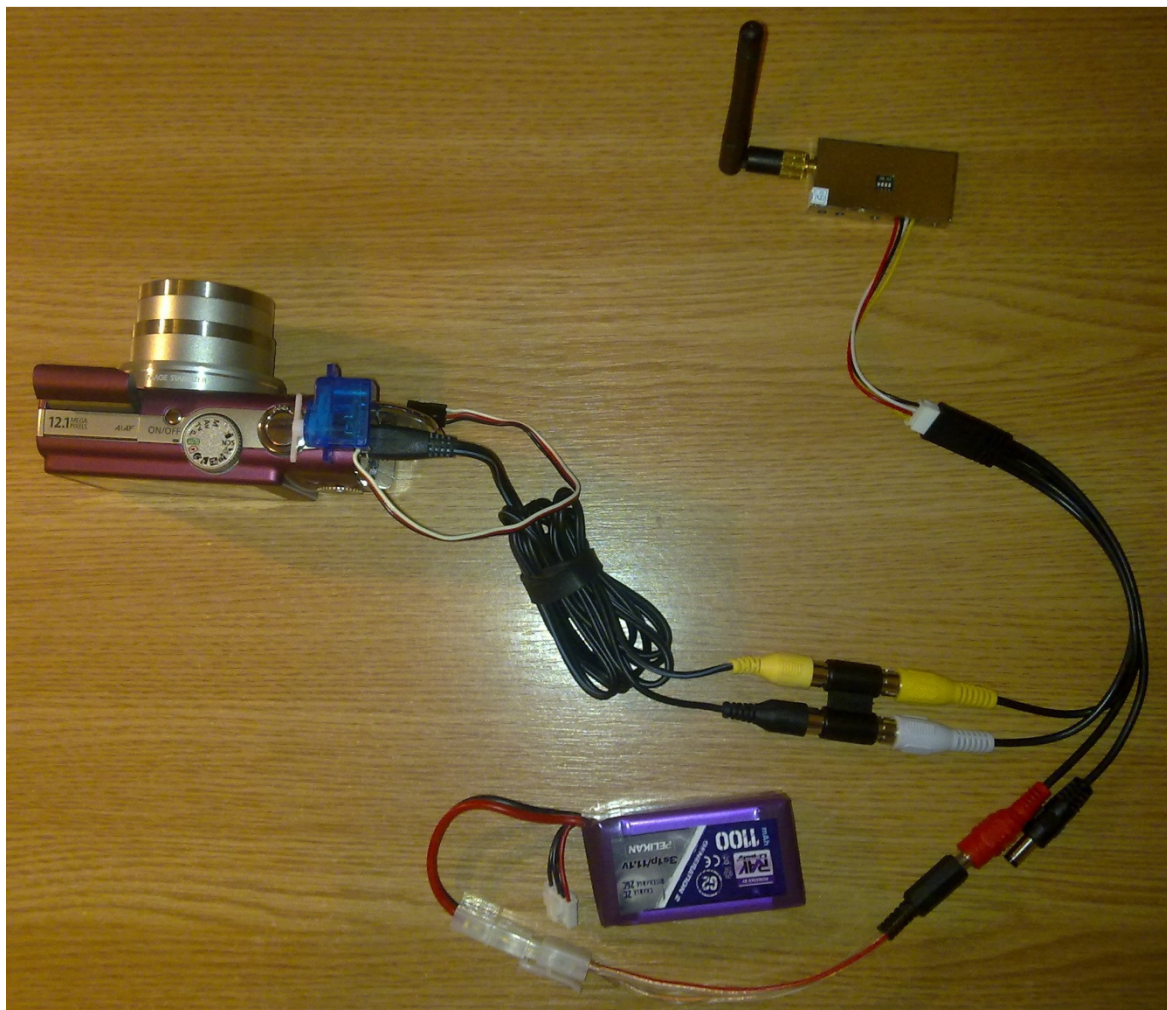
Seznam tabulek

- Tab. 1.1 Rozdělení BZP
- Tab. 1.2 Charakteristiky SOJKA III
- Tab. 1.3 Technické údaje letounu Marabu
- Tab. 1.4 Kategorie využití BZP
- Tab. 1.5 Přehled misí I
- Tab. 1.6 Přehled misí II
-
- Tab. 3.1 Limity plnění
-
- Tab. 4.1 Vysílač
- Tab. 4.2 Přijímač
- Tab. 4.3 Náklady na projekt I
- Tab. 4.4 Hmotnost prvků v letounu
- Tab. 4.5 Náklady na projekt II
- Tab. 4.6 Rozpis hmotností
- Tab. 4.7 Náklady na projekt III
- Tab. 4.8 Náklady na projekt IV

Seznam příloh

- | | |
|--------------|--|
| Příloha č. 1 | Zapojení všech komponent pro navrhovaný telemetrický systém |
| Příloha č. 2 | Vybavení zobrazovacího stanoviště |
| Příloha č. 3 | Návrh zobrazení přijatých dat a informací v notebooku |
| Příloha č. 4 | Příklad snímku pořízeného fotoaparátem instalovaným v bezpilotním prostředku |

Příloha č. 1



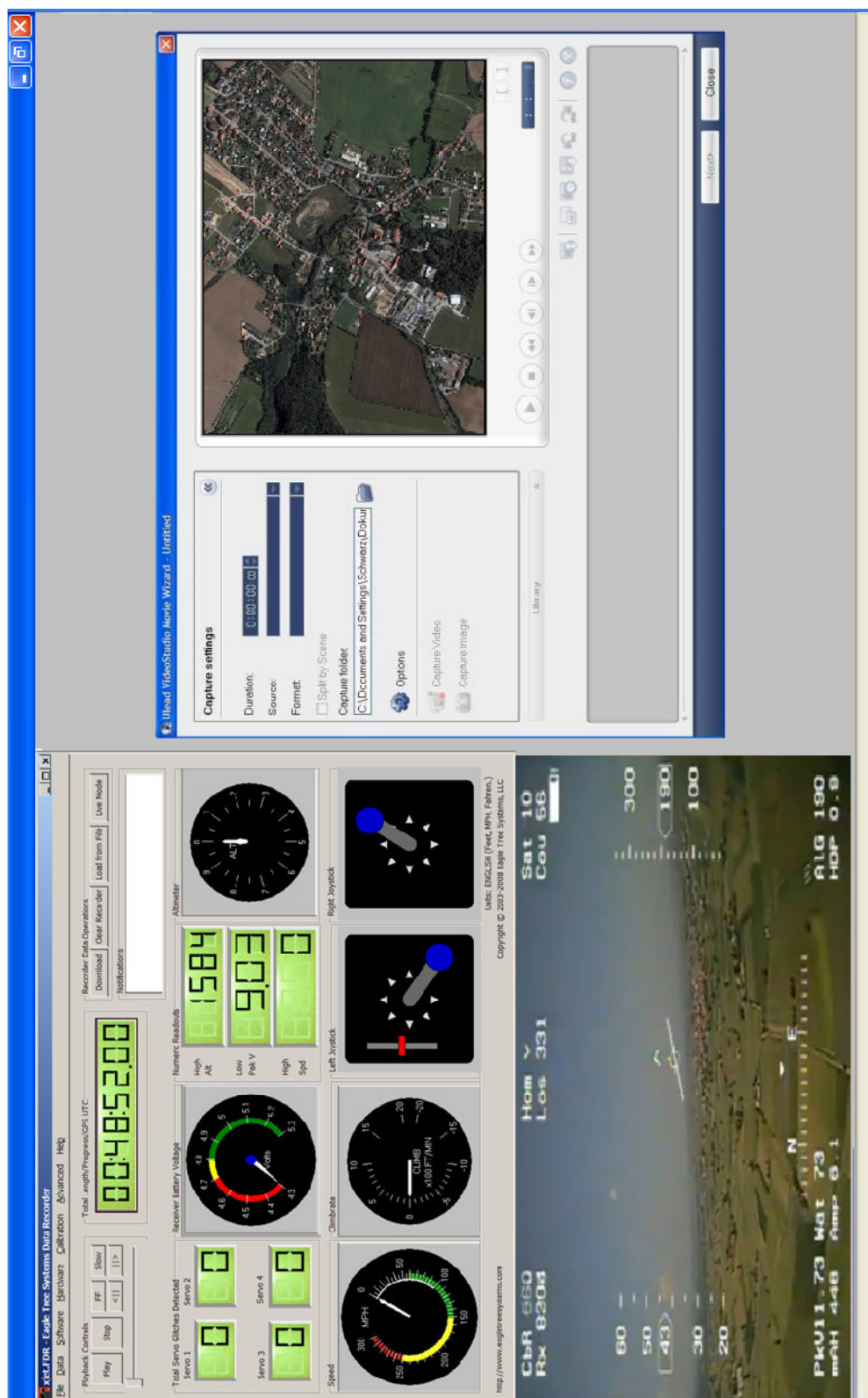
Příloha č. 1 Zapojení všech komponent pro navrhovaný telemetrický systém

Příloha č. 2



Příloha č. 2 Vybavení zobrazovacího stanoviště

Příloha č. 3



Příloha č. 3 Návrh zobrazení přijatých dat a informací

Příloha č. 4



Příloha č. 4 Příklad snímku pořízeného fotoaparátem instalovaným v bezpilotním prostředku